



**UNIVERSIDAD DE LAMBAYEQUE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**

**TESIS**

**EFICIENCIA DE FITORREMEDIACIÓN DEL ALMAJO SALADO**  
***“Salicornia fruticosa” PARA RECUPERAR SUELOS SALINOS DEL***  
**SECTOR BALDERA – DISTRITO DE SAN JOSÉ, LAMBAYEQUE, 2018**

**PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

**Autor (es):**

**Bernabé Quintana Carlos Martin**

**Tesen Rojas Paola Del Pilar**

**Asesor (a):**

**Mg. Flores Mino, Betty Esperanza**

**Línea de Investigación:**

**Contaminación Ambiental y Biotecnología**

**Chiclayo - Perú**

**2020**

**EFICIENCIA DE FITORREMEDIACIÓN DE ALMAJO SALADO  
“*Salicornia fruticosa*” PARA RECUPERAR SUELOS SALINOS DEL  
SECTOR BALDERA – DISTRITO DE SAN JOSÉ, LAMBAYEQUE, 2018**

**FIRMA DEL ASESOR Y JURADO DE TESIS**

---

**Mg. Betty Esperanza Flores Mino**  
**ASESOR**

---

**Mg. Enrique Santos Nauca Torres**  
**PRESIDENTE**

---

**Ing. Jorge Tomás Cumpa Vásquez**  
**SECRETARIO**

---

**Mg. Betty Esperanza Flores Mino**  
**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

Dedicó este trabajo a mi Abuela, que, aunque no estés para verme crecer, siempre quisiste verme triunfar, un beso y un fuerte abrazo hasta donde estés.

**CARLOS MARTIN**

Dedico esté trabajo de investigación a todas las personas que me brindaron su constante apoyo para la culminación de este trabajo de tesis, y a las cuales quiero agradecer de todo corazón por su confianza y sus consejos para mejorar día a día como una buena profesional.

En primer lugar, a Dios, por haberme dado la vida y de manera muy especial a mi familia, por ser personas maravillosas y a las que les debo todo lo que soy.

**PAOLA DEL PILAR**

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro agradecimiento a Dios, por habernos brindado salud, la fuerza y el conocimiento necesario para culminar esta etapa en nuestras vidas; a nuestros padres, hermanos y sobrinos por ser nuestras fortalezas durante todo el desarrollo de nuestra tesis y finalmente nuestro agradecimiento a todos nuestros amigos y compañeros que de alguna manera estuvieron vinculados a nuestra investigación.

**CARLOS Y PAOLA**

## Resumen

La investigación describe resultados sobre la eficiencia de “*Salicornia fruticosa*” para la disminución de sales del Sector Baldera. En diagnóstico principal, se identificaron varias zonas salinizadas en el área, permitiendo la siembra de la planta halófila “*Salicornia fruticosa*” donde se logró minimizar los porcentajes de sales, garantizando así su recuperación.

Como referencia tenemos estudios realizados con Almajo Salado “*Salicornia fruticosa*” en recuperación de suelos, los cuales en nuestra región Lambayeque en el Sector Baldera – San José se ven altamente afectados, ya sea por salinización, compactación, deforestación, sobre explotación, quema, insecticida, inundación de suelos con aguas servidas y muchos factores típicos de una región donde el agua no es un recurso de gran abundancia natural. La metodología implementada para la ejecución del objetivo es por medio del trasplante de esta especie en el suelo afectado, captando éste las cargas de salinidad del suelo; dejándolo apto para nuevos cultivos. Por medio de esta investigación se muestra la rentabilidad del uso de dicha especie para la recuperación de suelos ya que nos brindó resultados satisfactorios en la recuperación paulatina de los suelos salinos.

La región Lambayeque es una zona costera en la cual existen grandes cantidades de esta especie; la cual es desperdiciada al no ser implementada como recurso para recuperar suelos, debido al poco conocimiento de los beneficios que tiene, por lo cual en esta investigación se brinda los conocimientos para que se sigan desarrollando metodologías de mejora y cuidado de los suelos, produciendo en dicha región grandes beneficios económicos y ambientales.

**Palabras claves:** *Salicornia fruticosa*, recuperación de suelos, aguas servidas, compactación, trasplante.

## **Abstract**

The research describes results on the efficiency of "*Salicornia fruticosa*" for the reduction of salts in the Baldera Sector. In the main diagnosis, several salinized zones were identified in the area, allowing the planting of the halophilic plant "*Salicornia fruticosa*" where it was possible to minimize the percentages of salts, thus guaranteeing its recovery.

As a reference we have studies carried out with Almajo Salado "*Salicornia fruticosa*" in soil recovery, which in our Lambayeque region in the Baldera Sector - San José are highly affected, either by salinization, compaction, deforestation, over exploitation, burning, insecticide, flooding of soils with sewage and many factors typical of a region where water is not a resource of great natural abundance. The methodology implemented for the execution of the objective is by means of the transplant of this species in the affected soil, capturing the soil salinity loads; leaving it suitable for new crops. Through this research, the profitability of the use of this species for the recovery of soils is shown since it gave us satisfactory results in the gradual recovery of saline soils.

The Lambayeque region is a coastal area in which there are large numbers of this species; which is wasted by not being implemented as a resource to recover soils, due to the little knowledge of the benefits it has, for which in this research the knowledge is provided so that methodologies for improvement and soil care continue to be developed, producing in said region great economic and environmental benefits.

**Keywords:** *Salicornia fruticosa*, soil recovery, sewage, compaction, transplantation.

## Índice general

RESUMEN .....	V
ABSTRACT.....	VI
I. INTRODUCCIÓN .....	2
II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes bibliográficos.....	5
2.2. Base teórica.....	8
2.2.3.1. Potencial de Hidrogeno (pH).....	11
2.2.3.2. Conductividad eléctrica (CE).....	12
2.2.3.3. Relación de absorción de sodio (RAS o SAR).....	12
2.2.4.1. Suelos arenosos.....	13
2.2.4.2. Suelos limosos.....	13
2.2.4.3. Suelos arcillosos.....	13
2.2.4.4. Suelos de turba.....	13
2.2.4.5. Suelos salinos.....	13
2.2.4.6. Suelos sódicos.....	13
2.2.4.7. Suelos salinos sódicos.....	13
2.2.5.1. Origen natural de las sales.....	14
2.2.5.2. Origen Inducido de las sales.....	16
2.2.6.1. Ciclos continentales.....	18
2.2.6.2. Ciclo continental de acumulación primaria.....	18
2.2.6.3. Ciclo continental de acumulación secundaria de sales.....	18
2.2.6.2. Ciclos marinos.....	18
2.2.6.3. Ciclos deltáicos.....	18
2.2.6.4. Ciclos artesianos.....	18
2.2.6.5. Ciclos antropogénicos.....	19
2.2.10.1.Fitoextracción.....	21
2.2.10.2.Rizo filtración.....	21
2.2.10.3.Fitoestabilización.....	21

2.2.10.4.Fito estimulación. ....	21
2.2.10.5.Fitovolatilización. ....	21
2.2.10.6.Fitodegradación. ....	21
2.3. Definición de términos básicos.....	22
2.4. Hipótesis .....	25
III. MATERIAS Y MÉTODOS .....	25
3.1. Variables y operacionalización de variables.....	25
3.1.1 Variables. ....	25
3.2. Tipo de estudio y diseño de investigación.....	27
3.3. Población y muestra de estudio .....	27
3.4. Instrumentos y materiales .....	27
3.5. Metodología.....	28
3.6. Procesamiento de datos y análisis estadísticos .....	29
IV. RESULTADOS .....	30
4.2. Identificar los parámetros físico – químicos de los suelos salinos del Sector Baldera, San José .....	32
4.3. Sembrar las plantas de Almajo Salado (Salicornia fruticosa) en los suelos salinos del Sector Baldera .....	33
4.4. Identificar los parámetros físico-químicos de los suelos salinos del Sector Baldera después de sembrado la Salicornia fruticosa. ....	34
4.5. Comparar los parámetros físicos químicos de los suelos salinos del Sector Baldera antes y después del sembrado del Almajo Salado (Salicornia fruticosa).....	36
V. DISCUSIÓN .....	43
VI. CONCLUSIONES .....	44
VII. RECOMENDACIONES.....	45
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
IX. ANEXOS .....	48



## Índice de tablas

Tabla 1. Características del Suelo según color.....	8
Tabla 2. Clasificación de pH de Suelo según USDA.....	10
Tabla 3. Clasificación de la Conductividad Eléctrica en niveles de salinización.....	11
Tabla 4. Cuadro de Operacionalización de Variables.....	25
Tabla 5. Recolección de la toma de muestra en el Sector Baldera para el análisis de laboratorio.....	30
Tabla 6. Análisis Físico Químico de muestra de Suelo extraído de la zona de trabajo.....	31
Tabla 7. Análisis Físico Químico de muestra de Suelos después de realizar la remediación.....	34
Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos del suelo antes y después de ser sembrados con la especie <i>Salicornia fruticosa</i> .....	35

## Índice de figuras

Figura 1. Solubilización Paulatina De Las Sales.....	14
Figura 2. Solubilización Paulatina De Las Sales.....	15
Figura 3. Solubilización de las sales por lavado en el suelo.....	15
Figura 4. Domos de sal subterráneos .....	17
Figura 5. Recolección de muestra del suelo en el área de cultivo de suelo salino en el Sector Baldera, San José.....	28
Figura 6. Reconocimiento de la especie <i>Salicornia fruticosa</i> en el sector Baldera, San José...	29
Figura 7. Obtención de la especie " <i>Salicornia Fruticosa</i> ", en proceso de crecimiento.....	29
Figura 8. Mapa de muestra del área representativa del Sector Baldera, San José.....	30
Figura 9. Muestra N° 1 de la zona sur en el Sector Baldera, incluida la especie <i>Salicornia fruticosa</i> .....	30
Figura 10. Muestras obtenidas en el rango Alto – Bajo en el Parámetro Físico – Químico....	32
Figura 11. Pesado de la especie <i>Salicornia fruticosa</i> .....	33
Figura 12. Sembrado de la especie " <i>Salicornia fruticosa</i> ".....	34
Figura 13. <i>Salicornia fruticosa</i> en vivero.....	33
Figura 14. Muestras obtenidas en el rango Alto – Bajo en el Parámetro Físico – Químico....	34
Figura 15. Comparación de la primera muestra con tratamiento y sin tratamiento.....	36
Figura 16. Comparación de la segunda muestra con tratamiento y sin tratamiento.....	37
Figura 17. Comparación de la tercera muestra con tratamiento y sin tratamiento.....	38
Figura 18. Comparación de la cuarta muestra con tratamiento y sin tratamiento.....	39
Figura 19. Comparación de la quinta muestra con tratamiento y sin tratamiento.....	40
Figura 20. Comparación de la sexta muestra con tratamiento y sin tratamiento.....	41

## I. Introducción

Actualmente a nivel mundial, entre 60 y 80 millones de hectáreas de tierra han sido y siguen siendo afectadas severamente por la salinización debido a que es uno de los principales problemas para el recurso edáfico; afecta a regiones subhúmedas, semi áridas, áridas y especialmente en áreas de regadío en donde se reduciría la producción de cultivos, esto se puede dar de forma natural, especialmente en zonas bajas y planas que regularmente son inundadas por ríos o cuando el nivel de sus aguas subterráneas es poco profunda, existirá presencia de sales en la superficie del terreno, otra forma es por la mano del hombre y por el uso excesivo de fertilizantes e inadecuados manejos de regadío. (Chávez, Álvarez, 2011)

En los últimos años tanto a nivel mundial, nacional y local nos enfrentamos a la problemática de la alimentación poblacional, problema que esta llevado de la mano por pérdida de suelos por urbanizaciones, sobre explotación de suelos, salinización, contaminación ambiental y cambios climáticos. Este tipo de problemática ha llevado al ser humano a buscar alternativas de recuperación de suelos llegando a una de las opciones en el uso de plantas halófitas, en específico según nuestro estudio y con la cual contamos con grandes capacidades no solo de recuperación de suelos salidos sino múltiples variaciones ambientales, la común mente conocida como Almajo Salado (*Salicornia fruticosa*), una especie de fácil alcance ya que el sector donde nos encontramos residiendo cuenta con grandes concentraciones salinas, lugar idóneo para el crecimiento de esta especie.

En nuestra región el principal problema de salinidad esta presentado por los escasos de lluvia, ya que esta solamente es presentada a inicios de años y en ciertas circunstancias, ya que las variaciones ambientales han causado que este ciclo se vea interrumpido.

Los suelos del Sector Baldera, presentan un problema de salinización, principalmente por la actividad agrícola, por ende, se reduce su capacidad productiva. En este caso la salinidad en los suelos se puede dar de forma natural como, en suelos planos, teniendo un drenaje parcelario deficiente o incluso por las aguas subterráneas contaminadas por infiltraciones de sales marinas, debido a que este sector se encuentra cerca al mar. También en este proceso se puede dar de origen antropogénico, en el cual está asociado mayormente el sistema de riego que utilice el hombre como la utilización de grandes volúmenes de agua, la utilización excesiva de los plaguicidas y herbicidas, el tipo de agua servidas a la hora de regar los cultivos y mayormente asimismo existe el desarrollo de monocultivos y cultivos de pan llevar.

Por otro lado existen diversas alternativas de mejoramiento de suelos salinos como la fitorremediación, que es una tecnología sustentable y de bajo costo para la limpieza o restauración de ambientes y efluentes contaminados, es por ello que aprovecha la capacidad de

ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo; entre ellas tenemos la *Salicornia fruticosa*, es una halófila tolerante que crece de manera natural o puede ser adaptada a áreas afectadas por sales e incluso permite ser regada con aguas salinas, su presencia se asocia principalmente al calor en climas secos donde prevalecen estos suelos y, pueden encontrarse también en climas fríos, pero en menor cantidad.

Es por esto y aprovechando la facilidad de esta especie al encontrarnos en una zona costera y salina, que podemos emplear este tipo de trabajo para la recuperación de suelos salinos, ayudando así al desarrollo alimentario y permanencia de la población; Con este estudio podemos impulsar el desarrollo económico de este sector haciendo no solo de este trabajo un bien ambiental sino económico.

Determinando la problemática de esta investigación, se obtuvo como la formulación del problema la siguiente interrogante ¿Cuál es la eficiencia del Almajo Salado "*Salicornia fruticosa*" para recuperar suelos Salinos en el Sector Baldera – Distrito de San José, ¿Lambayeque?

Para solucionar la interrogante antes mencionada, se propuso como objetivo principal evaluar la eficiencia fitorremediadora del Almajo Salado (*Salicornia fruticosa*) en los suelos salinos del Sector Baldera, San José. Además en donde se planteó cinco objetivos específicos, los cuales son los siguientes: Identificar lugares salinizados en el sector Baldera, San José, Identificar los parámetros físico – químicos de los suelos salinos del Sector Baldera, San José, Sembrar las plantas del Almajo Salado (*Salicornia fruticosa*) en los suelos salinos del Sector Baldera, Identificar los parámetros físico-químicos de los suelos salinos del Sector Baldera después de sembrado la *Salicornia fruticosa*, Comparar los parámetros físicos químicos de los suelos salinos del Sector Baldera antes y después del sembrado del Almajo Salado (*Salicornia fruticosa*).

Justificando la importancia de esta investigación se debió a la gran demanda económica y a la de alimentos, la cual es de alta prioridad buscar nuevas áreas de cultivo, sin embargo, el creciente deterioro de los suelos ha traído como causa a las prácticas inadecuadas del monocultivo, deficiente drenaje parcelario y el uso de agroquímicos, fertilizantes e insecticidas, los cuales generan la salinización de los suelos en el sector Baldera, e incluso los lleva hasta la desertificación es preocupante pues está afectando a la población en el aspecto económico y al ambiente, por ello es de suma importancia recuperar los suelos degradados y hacerlos productivos; una tecnología alternativa sustentable es la fitorremediación, la cual se basa en la tolerancia y capacidad que tienen algunas especies para restaurar ambientes salinos.

El propósito de esta investigación fue la determinación de la eficiencia de *Salicornia fruticosa* la cual será utilizada para recuperar suelos salinos en el Sector Baldera, San José.

Es de gran importancia desarrollar este tipo de investigaciones en nuestra localidad, enfocándonos en el aspecto ambiental, ya que no solamente la recuperación de los suelos es para un bien económico, sino para un bien visual, ya que al producirse más explotación agrícola debido al crecimiento poblacional en nuestra localidad, solamente causara que los suelos se vean afectados, provocando un abandono de estos al ya no tener un uso de producción y dejando atrás un largo camino de desiertos, también uno de sus grandes beneficios, es que este producto nos proporciona también tiene gran captación de fuentes de Carbono (CO<sub>2</sub>).

Estudios demuestran que esta especie de halófito denominada Almajo Salado (*Salicornia fruticosa*) no solamente tiene un uso benéfico en el medio ambiente como remediador de suelos, sino que también el mismo tiene grandes componentes nutricionales llegando a ser usado en investigaciones para la reforzar el sistema inmunológico ante la aparición de tumores cancerígenos, cuenta con grandes concentraciones de carbohidratos proteicos, y ácidos grasos insaturados, los cuales son altamente provechosos para el corazón y el organismo en general.

Es más que justificable mencionar el enfocar de la investigación de esta especie en el Sector Baldera, ya que este tiene grandes concentraciones de salinidad, dificultades alimentarias, ambientales y bajos índices laborales, con la producción e implementación de esta especie en la zona, provocaríamos un impulso social, económico y ambiental para la población y a su vez un paso más en la mejora de las implementaciones ambientales para la recuperación y mejoras de suelos salinos.

## II. Marco teórico

### 2.1. Antecedentes bibliográficos

#### 2.1.1. Internacionales.

Según Toll Vera et al. (2016) en la investigación: “*Recuperación de suelos salinos mediante la implantación de Grama Rhodes (Chloris gayana Kunth.) cv. Callide*, en la Llanura Deprimida del límite Tucumán- Santiago del Estero” El objetivo del presente trabajo fue evaluar la recuperación de suelos salinos mediante la implantación de Grama Rhodes (*Chloris gayana Kunth.*), a través de la medición de parámetros indicadores de halomorfismo como pH, su CE y de su MO, en donde se llevó a cabo en un establecimiento ganadero ubicado en Argentina, la siembra de Grama Rhodes se efectuó al voleo con sembradora centrífuga a una densidad de 8 kg/ha, durante la primera quincena de marzo de 1998. Se sembraron 3 parcelas de 50 x 20 m (1000 m<sup>2</sup>). Durante los años que duró el experimento, la pastura se manejó racionalmente realizando 3 pastoreos por campaña. Se procedió a la obtención de muestras de suelo al inicio (año 1998) y al final (año 2010) del experimento, mediante el uso de barreno en cada uno de los sitios de ensayo a las profundidades de 0-20, 20-40 y 40-60 cm. Se relevaron a través de transectas de 10 m de largo (1 en cada parcela experimental), los porcentajes de cobertura de la pastura, el mantillo, las malezas y el suelo desnudo al inicio de cada ciclo de aprovechamiento. Los resultados muestran una reducción en los valores de pH y CE hacia el final del experimento, en todas las profundidades evaluadas. Al mismo tiempo, se verifica una mejora significativa en el contenido de MO del suelo. A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que la incorporación de biomasa de Grama Rhodes cv. Callide en condiciones de halomorfismo, mejora las propiedades del suelo, a través de una reducción de sus valores de pH y CE y que el aporte de residuos vegetales debido a la biomasa forrajera producida, determina un incremento significativo de la MO del suelo.

Según Barcia et al. (2014) En la investigación “*Mejora de un suelo degradado por exceso de sal para su uso en cultivos gracias al tratamiento con plantas*”, nos indicó que la producción de alimentos es limitada por diversos factores, demostrado que casi la mitad de las zonas agrícolas bajo riego, principalmente de zonas áridas y semiáridas, son afectadas por la salinización del suelo y mucho más de las son zonas rurales de escaso desarrollo económico y dependientes en gran medida de trabajo en el campo. Un nuevo camino para la recuperación de estas zonas contaminadas es la fitodesalinización, que es la eliminación del exceso de sales de un suelo por medio de plantas, en este caso se usa la *Arthrocnemum macrostachyum* es una especie vegetal halófila de marisma que se utiliza en este proceso, como método se empleó que

las plántulas de *Arthrocnemum* crecieron en solución Hoagland hasta alcanzar el tamaño adecuado (5 cm). Se plantaron en suelos con un problema de salinidad durante un mes. Tras el tratamiento se usó el suelo problema para comprobar que germinaban trigo y centeno. Tanto el material vegetal como suelo fueron analizados cabo mediante la técnica de espectrometría de masas y como resultados: tras el tratamiento durante un mes con *A. macrostachyum* se obtuvieron resultados muy interesantes en el campo de la restauración de suelos para el uso agrícola. Así el suelo que sufría problemas con el exceso de sal, tras ser tratado con *A. macrostachyum* se consiguió que se rebajase casi un 50% la cantidad de sales disueltas en el suelo. Hecho que se ratificó al conseguir que dos cultivos de interés agrícola como el trigo y la cebada, que no germinaban en el suelo salinizado volviesen a hacerlo, aproximadamente una media del 40% respecto a un suelo control. Además, se comprobó que no sólo germinaban, sino que las plantas consiguieron desarrollarse durante un mes sin problema, es por ello que la especie *Arthrocnemum macrostachyum* puede ser muy útil en la restauración de suelos degradados por la presencia de sales, y por tanto en la recuperación de zonas para su uso agrícola.

Gonzaga A, Flores et al (2009) instigación especializada en “*Recuperación de suelos salinos mediante el cultivo de Q’AWCHP*” en el cual nos menciona, como es aprovechado este recurso natural nativo de la zona de *ARURO- BOLIVIA* en la cual es conocida por no presentar recursos hídricos que sean de gran auge para la utilización de suelos de cultivo, tampoco presenta grandes precipitaciones de lluvia, lo cual limita su enriquecimiento en suelos y su periodo de vida, es como alternativa que se recurre a la utilización de la especie *Q’Awchi* como *recuperador de suelos salinos*, ya que con el avance de los años la erosión de los suelos y su salinidad ha sido un tema de gran envergadura. Esta investigación es de gran apoyo más aun por venir de una zona en la cual el recurso hídrico es de gran limitación y el problema de salinidad tiene un gran periodo de tiempo, lo cual impulsa a crear nuevas tecnologías para el cuidado y mejorar de suelos de cultivo.

### **2.1.2. Nacionales**

Hanco (2017) en su investigación sobre la “*Desalinización con Beterraga (Beta vulgaris L.) Asociada al vermicompost y cal agrícola para el mejoramiento de la calidad del suelo, Cañete, 2017*” su objetivo fue determinar la eficiencia de la desalinización con Beterraga (*Beta vulgaris L.*) asociada al vermicompost y cal agrícola para el mejoramiento de la calidad del suelo, siendo la muestra poblacional el área de la parcela (1930 m<sup>2</sup>) del centro poblado Casa Blanca, Cerro Azul, en la provincia de Cañete. Se ejecutaron 3 tratamientos más Testigo (cada

uno con 3 repeticiones), empleándose un total de 12 macetas experimentales. La salinidad antes del cultivo de beterraga era de 12.86 dS/m y gracias al Tratamiento Testigo se redujo un 28.66%, en el Tratamiento N°1 con vermicompost al 20% p/p la eficiencia fue de 44.44%, en el Tratamiento N°2 con cal agrícola (70 gr), 29.30%, y por último en el Tratamiento N°3, 52.22%; se concluyó que el cultivo de la Beterraga asociada a la enmienda orgánica: vermicompost, e inorgánica: cal agrícola es el tratamiento más eficiente para la desalinización de suelos. Este trabajo se desarrolló en tres etapas, una fase de campo, en donde se reconoció la zona, tomaron muestras de suelo y efectuaron pruebas de lavado y permeabilidad; una fase de laboratorio, en donde se caracterizó el suelo, se determinó el pH, CE, iones solubles y cationes intercambiables; por último, una fase de gabinete, en donde se procesaron los datos, elaboraron perfiles de salinidad, perfiles y curvas de lavado y mapas de isoconductividad. Según los resultados obtenidos, el contenido de sales en esta zona es muy elevada, ya que aproximadamente el 80 por ciento del campo presenta niveles superiores a 50 dS/m, clasificándolo como extremadamente salino; mientras que el área restante tiene niveles de salinidad inferiores de hasta 8.08 dS/m. Con respecto a la sodicidad, los valores calculados de PSI, menores a 15 por ciento, indican que no hay peligro de este tipo; por otro lado, la RAS estimada para las calicatas C-1 y C-2 igual 23.6 y 35.5 señala que hay bajo y moderado riesgo de sodicidad, respectivamente, en el caso de la calicata C-3, el valor obtenido es de 215.2, considerado como fuertemente sódico. Finalmente, se determinó que el suelo posee permeabilidad moderada, debido a que presenta capas muy compactadas, que dificulta su recuperación mediante el proceso de lavado directo, reflejado en los resultados de las pruebas realizadas; es por ello que se recomendó subsolar el suelo previamente, con el fin de favorecer el lavado, además de optar por la variedad *Paspalum vaginatum* para implementar la cancha de golf.

Según Vásquez (2017) en su investigación: “*Fitorremediación con Sesuvium portulacastrum para disminuir la contaminación salina de suelos en San Juan La Punta Tumán, 2015*” realizó una fitorremediación empleando las planas Halófitas Verdolaga de la playa (*Sesuvium portulacastrum*) para disminuir la contaminación salina de los suelos en San Juan la Punta , arrojando buenas noticias de la disminución de las concentraciones salinas de suelo según los análisis establecidos por características físico químicas determinados en una parcela de 50cm<sup>2</sup> , estos datos son para parte de la guía referencias para la ejecución experimental del estudio, realizando también un muestreo con 6 partes alternativas de suelo del Sector Baldera para de igual manera realizar los análisis correspondientes, que arrojaron una



disminución significativas en sus compuestos químicos, sean dichos pH, conductividad, N,K,C.

Valdivia, S. et al. (2016) en la investigación “Extracción de  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  y  $Na^+$  de suelo salino por la remolacha azucarera” El objetivo del presente trabajo fue determinar la extracción de  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  y  $Na^+$  de 5 cultivares poligermen y 5 monogermen de remolacha azucarera, con el fin de usarlas (potencialmente) como planta colonizadora de los terrenos salinos marginales y en rehabilitación, se llevó a cabo en la costa norte del Perú (valle del río Chicama). En donde se realizó un experimento con 10 cultivares de remolacha azucarera en suelos salinos. La salinidad del suelo varió de 461 a 2945  $dSm^{-1}$ , estos niveles de salinidad no afectaron el rendimiento ni la calidad de los cultivares de remolacha azucarera. Además se evaluó la concentración y extracción de  $K^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  y  $Na^+$  por 5 cultivares poligermen (Maroc, Marina, Magna, Regina y Tribel) y 5 cultivares monogermen (Monohly6, Mono 3190, Mono Hy D2, HH30 Hybrid y Mono 4006) y se encontró que la biomasa (raíces) es mucho mayor que la biomasa aéreas (Hojas + Coronas), finalmente se encontró que cultivar el Tribel es el que extrae mayor cantidad de sales del suelo ( $1\ 604\ kg\ ha^{-1}$ ) y que podría usarse para desalinizar suelos con alta salinidad en un mediano plazo (9 años).

## **2.2.Base teórica**

### **2.2.1. Suelos**

Según la FAO (2015): Portal de suelos de la FAO. Recuperado de: “Estado Mundial del Recurso Suelo”

Se define como un cuerpo natural que consiste de capas de suelos (horizontes del suelo) compuestas de materiales de minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua. El suelo es el producto final de la influencia del tiempo y combinado con el clima, topografía, organismos (flora, fauna y ser humano), de materiales parentales (rocas y minerales originarios). Como resultado el suelo difiere de su material parental en su textura, estructura, consistencia, color y propiedades químicas, biológicas y físicas.

### **2.2.2. Propiedades fisicoquímicas del suelo**

Según INTAGRI (2017) en “Propiedades Físicas del Suelo y el Crecimiento de las plantas”

#### **2.2.2.1 Color del suelo.**

Es una de las características que permite describir a los distintos tipos de suelos. El color del suelo no tiene un efecto directo sobre el crecimiento de las plantas, pero indirectamente afecta la temperatura y la humedad del mismo. Mientras mayor cantidad de

energía calorífica se encuentre en el suelo, se tendrá una mayor temperatura y evaporación. Se ha comprobado que los suelos oscuros bajo las mismas condiciones ambientales y sin cubierta vegetal, tienden a secarse más rápido. Por otro lado, los suelos húmedos son más oscuros que aquellos que se encuentran secos, además de que absorben mayor cantidad de luz que ayuda al incremento de temperatura del suelo y un desarrollo más acelerado del cultivo. El color del suelo también nos puede indicar de manera general el estado actual del mismo.

**Tabla N° 1.**

*Características del Suelo según color*

<b>COLOR</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>OSCURO</b>	Denota alto contenido de materia orgánica (MO). Sin embargo, suelos con bajo contenido de MO y exceso de sodio también puede tornarse oscuros por la disolución de la MO a pH alcalino. Otra razón es la presencia de MnO <sub>2</sub> o carbón elemental después de la quema de residuos.
<b>ROJO O AMARILLO</b>	Propio de suelos viejos, puede ser producido por la presencia de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (rojos) o por FeO-OH (amarillos, cafés). Estos colores provienen de la oxidación e hidratación de los compuestos minerales de Fe, cuando el drenaje permite la aireación y las condiciones de humedad y temperatura son favorables.
<b>AZUL O VERDE OLIVO</b>	Se originan por la presencia de Fe en forma reducida e indican largos períodos en condiciones inundadas cada año e inadecuada aireación.
<b>GRIS</b>	Indican períodos prolongados bajo inundación e inadecuada aireación. Este color o blanquecino puede deberse por la falta de intemperización de roca madre de ese color o por depósitos de carbonato de calcio, así como la afloración de sales y/o remoción de Fe.

*Fuente: (Castellanos, 2000.)*

#### **2.2.2.2 Textura del suelo.**

Según INTAGRI (2017) en “*Propiedades Físicas del Suelo y el Crecimiento de las plantas*” La textura indica la proporción de las partículas fundamentales del suelo: arcilla, limo y arena, que se pueden agrupar en fina, media y gruesa. El diámetro de las partículas de arcilla es menor de 0.002 mm, las de limo están entre 0.002 y 0.05 mm y las de arena son entre 0.05

y 2.0 mm. La textura, además influye en la cantidad y disponibilidad de agua y nutrientes, así como en la aireación, drenaje y accesibilidad en el uso de implementos agrícolas.

#### ***2.2.2.3 Humedad del suelo.***

Referida a la cantidad de agua disponible para la planta. Dicho contenido puede variar de acuerdo al tipo y cantidad de arcilla y el porcentaje de MO que se encuentre en el suelo. Entre mayor cantidad de arcilla y/o MO, mayor cantidad de agua retenida; es por ello que suelos arenosos suelen saturarse más rápidamente que un arcilloso. Es importante conocer el manejo de los riegos en el cultivo en base al tipo de suelo y evitar un estrés hídrico que repercuta en el rendimiento.

#### ***2.2.2.4 Penetrabilidad.***

Es la resistencia que presenta un suelo a la penetración radical y está íntimamente ligada a la densidad aparente y al nivel de humedad del suelo. Se mide con aparatos denominados penetrómetros y se expresa en kg/cm<sup>2</sup>. La penetrabilidad está estrechamente relacionada con el volumen de raíces. Según algunos estudios, resistencias mayores a 20 kg/cm<sup>2</sup> medida a capacidad de campo, ocasiona crecimientos limitados de las raíces de cultivos de alfalfa, maíz y algodón

#### ***2.2.2.5 Porosidad del suelo.***

La porosidad es la cantidad de espacio de los poros en el suelo y que se subdivide en macro y microporos. El porcentaje de porosidad es alto en suelos de textura fina con una mayor proporción de microporos, lo cual favorece una mayor retención de humedad en relación a un suelo arenoso. Por otro lado, a medida que aumenta la densidad aparente, la porosidad disminuye e influye directamente en la aireación del suelo, llegando a disminuir en casos extremos el desarrollo de las raíces. Los poros de diámetros de 0.2 a 0.3 mm limitan el crecimiento de raíces.

#### ***2.2.2.6 La compactación del suelo***

La compactación del suelo está referida a la reducción de la porosidad de los suelos, incrementando la densidad aparente de éste. Por lo tanto, el fenómeno de compactación limita el espacio para el almacenamiento o movimiento del aire y agua dentro del suelo. Los suelos con mayor tendencia a compactarse son suelos de texturas finas a medias comparados con suelos de texturas gruesas. De igual manera, suelos con bajos contenidos de materia orgánica o con altos contenidos de humedad son más susceptibles a sufrirla.

#### ***2.2.2.7 La densidad aparente.***

Según Figueroa (2016) en Densidad aparente y densidad real del suelo.

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en los suelos y es importante para el manejo de los suelos (refleja la compactación y facilidad de circulación de agua y aire). La Da de los suelos no cultivados varía generalmente entre 1 y 1.6 g/cm<sup>3</sup>.

### 2.2.3. Propiedades Químicas de Suelo

#### 2.2.3.1. Potencial de Hidrogeno (pH).

Según Marchese (2015) en Estudio físico y químico de suelos agrícolas para la estimación del nivel de salinización en el sector bajo de San Pedro de Lloc

El rango de pH óptimo para la mayoría de las plantas es entre 5,5 y 7,0, sin embargo, muchas plantas se han adaptado para crecer a valores de pH fuera de este rango.

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución; mide la proporción de iones H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup> señalando el grado de acidez o alcalinidad en la solución. Si hay mayor concentración de iones H<sup>+</sup>, se dice que la solución es ácida, pero si hay más iones OH<sup>-</sup>, la solución es alcalina. Si la concentración de iones (H<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>) es la misma, la solución y el pH es neutra.

El índice puede variar de 0 a 14, siendo 7 neutro. Un pH por debajo de 7 es ácido y por encima de 7 es básico (alcalino).

**Tabla N° 2.**

*Clasificación de pH de Suelo según la USDA, 1971*

pH	Clasificación
<4.5	Extremadamente ácido
4.5 – 5	Muy fuertemente ácido
5.1 – 5.5	Fuertemente ácido
5.6 – 6	Mediantemente ácido
6.6 – 7.3	Neutro
7.4 – 7.8	Mediantemente básico
7.9 – 8.4	Básico
8.5 – 9	Ligeramente alcalino
9.1 – 10	Alcalino
>10	Fuertemente alcalino

*Fuente: (Porta. J; López. M, 2005, pág. 19)*

### 2.2.3.2. Conductividad eléctrica (CE).

Según Fox (2013) en “*Evaluación de pérdida de suelo por salinización en la parte baja de la cuenca del Jequetepeque: San Pedro de Lloc (1980 – 2003)*”

La capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí, también es definida como la propiedad natural característica de cada cuerpo que representa la facilidad con la que los electrones pueden pasar por él y puede variar con la temperatura.

En suelos salinos su conductividad eléctrica (CE) se mide en una solución extraída de una pasta de suelo saturado con agua, donde el resultado se expresa en deciSiemens (dS) por metro (m), es decir, (dS/m); un suelo salino posee una conductividad eléctrica mayor a 4 dS/m en la pasta saturada y mayor a 2 dS/m en el extracto de saturación.

Hazelton y Murphy (2007) clasificaron en una tabla la CE, según su tipo de suelo salino y su efecto en las plantas, en los suelos con CE mayor a 16 dS/m no es posible el desarrollo vegetal, a excepción de plantas muy tolerantes a estas condiciones.

**Tabla N° 3.**

*Clasificación de la Conductividad Eléctrica en niveles de salinización*

CE (dS/m)	Clase de suelo	Efecto en las plantas
<2	No salino	No significativo
2 – 4	Poco salino	Cultivos sensibles afectados
4 – 8	Moderadamente salino	La mayoría afectadas
8 – 16	Altamente salino	Solo crecen cultivos tolerantes
>16	Extremadamente salino	Solo crecen cultivos muy tolerantes

*Fuente: (Hazelton y Murphy, 2007, pág. 18)*

### 2.2.3.3. Relación de absorción de sodio (RAS o SAR).

Hazelton y Murphy (2007) indican que es un parámetro que refleja la posible influencia del ion sodio sobre las propiedades del suelo, ya que tiene efectos dispersantes sobre los coloides del suelo y afecta a la permeabilidad.

$$SAR = Na / ((Ca+Mg)/2)^{1/2}$$

### 2.2.4. Tipos de Suelos.

Según Bellver (2016) existen varios tipos de suelos:

#### **2.2.4.1. Suelos arenosos.**

Son aquellos que contiene partículas más grandes y muy separadas entre sí, por ello no mantienen bien el agua porque se drena rápidamente y no son los de mejor calidad para la agricultura debido a que no retienen los nutrientes.

#### **2.2.4.2. Suelos limosos.**

Se componen de partículas más pequeñas y suaves al tacto que los arenosos, estos retienen el agua por más tiempo, así como los nutrientes siendo así muy fértiles.

#### **2.2.4.3. Suelos arcillosos.**

Están formado por granos finos de color amarillento, arcilla en un 45%, retienen mucho.

#### **2.2.4.4. Suelos de turba.**

Se usan en la agricultura como sustrato para el cultivo, es de color oscuro marrón o negro, de textura suave y tienen un alto contenido en agua y nutrientes.

#### **2.2.4.5. Suelos salinos.**

Son característicos de regiones áridas o semi áridas, su alto contenido en sales influye sobre las plantas, debido a que causan dificultades para su crecimiento y por ello no son suelos aptos para cultivos ya que la sales se acumulan en la zona de raíces y se suele reconocer este tipo de suelo por la presencia de costras blancas de sales en la superficie del terreno y por cultivos débiles, presentan una conductividad eléctrica de extracto de saturación de 4 o más dS/m<sup>-1</sup>, un PSI < 15% y generalmente su pH es mayor a 8.5.

#### **2.2.4.6. Suelos sódicos.**

Se caracterizan porque presentan altas concentraciones de sodio intercambiable y baja cantidad de sales solubles. El extracto de saturación presenta un pH que varía de 8.5 a 11, un PSI que excede de 15, C.E menor a 4 dS/m<sup>-1</sup>; se les da el nombre común de álcali negro porque normalmente presentan acumulación de materia orgánica dispersa en la superficie por lo cual adquieren una película de color oscuro en ella.

#### **2.2.4.7. Suelos salinos sódicos.**

Contienen suficientes sodios intercambiables para interferir en el crecimiento adecuado de la mayoría de las plantas; también presentan cantidades perjudiciales de sales solubles neutras (Fassberder y Elemer, 1985). Donde el PSI regularmente es mayor a 15 y la C.E del

extracto de saturación es superior a 4 dS/m-1. El pH es comúnmente menor a 8.5, aunque en algunos casos puede ser mayor por la presencia de sodio.

### **2.2.5. Origen de los suelos Salinos.**

Según García (2015) en su tema “Degradación de suelos, degradación química, salinización y origen de la salinidad”

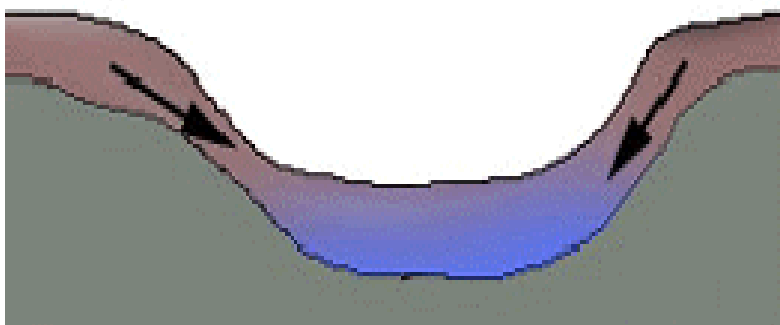
Las sales presentes en el suelo pueden presentar orígenes muy diversos: sales de origen natural y sales de origen inducido.

#### **2.2.5.1. Origen natural de las sales.**

Usualmente las sales de los suelos naturales proceden del material original, aunque en su acumulación excesiva participen otros mecanismos que, en la mayor parte de las veces, están relacionados con el transporte de sustancias (movimientos del agua). La salinidad de los suelos desarrollados sobre margas yesíferas de molasas ricas en cloruros y sulfatos, o de evaporitas, es algo previsible y fácilmente explicable en las zonas áridas o semiáridas.

Este proceso tendrá lugar en las zonas altas donde el lavado es posible, por lo que el sodio sobrante, junto con parte de la sílice se irá acumulando en la zona baja del valle, en ciertas ocasiones se encuentran presencias de rocas sedimentarias de tipo margoso o arcilloso que engloben diques de sustancias como yeso u otras sales, que a veces pueden encontrarse a gran profundidad y, por ello, no detectables.

La penetración del agua de lluvia en esos materiales provoca la solubilización paulatina de las sales que, por escorrentías subsuperficiales, son transportadas hasta los valles en los que aparecen suelos salinos sin explicación aparente.



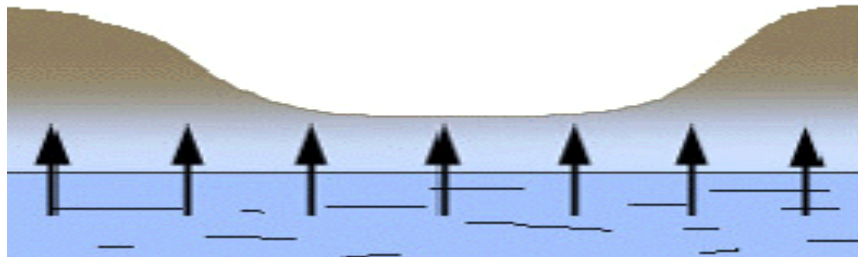
*Figura 1. Solubilización paulatina de las sales*  
Fuente: García (2015)

En ocasiones en que los mantos freáticos son muy profundos, estas sales pueden transportarse hasta zonas bastante alejadas, pero este manto freático salino aflorará, o se

acercará a la superficie cuando encuentre un valle más profundo o cuando se eleve la capa impermeable que lo mantiene.

En el momento en que la profundidad del manto decrece hasta metro y medio o dos metros de la superficie, la ascensión capilar lleva el agua cargada de sales hasta niveles cercanos a la superficie del suelo allí existente y la va depositando tras la evaporación del agua.

En todos los casos es necesario que el clima contribuya a la salinización, que no tendrá lugar más que bajo condiciones de un clima seco subhúmedo o más árido que él. Siempre es necesario que el lavado provocado por la lluvia sea menor que el aporte de sales por el agua subálvea.

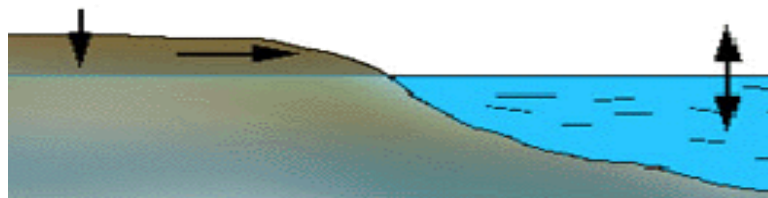


*Figura 2. Solubilización paulatina de las sales*

Fuente: García (2015)

Bajo estas condiciones y en las cercanías de la desembocadura de los ríos, tiene lugar otro fenómeno relacionado con los ciclos deltaicos. En estas áreas el manto freático depende mucho de los movimientos marinos, en la bajamar es predominantemente fluvial y poco salino, mientras que en la pleamar es marino y con fuerte salinidad.

Los mantos cargados de sales enriquecen al suelo en estas, mientras que la lluvia las va eliminando; más cuando la permeabilidad del suelo es reducida, solo se produce el lavado de la parte más alta del suelo, pues el movimiento descendente pronto se troca un movimiento tangencial.



*Figura 3. Solubilización de las sales por lavado en el suelo*

Fuente: García (2015)



Además, la escasa permeabilidad hace que la mayor parte de los huecos del suelo pertenezcan al dominio de la microporosidad, ello facilita los movimientos ascendentes del agua con una carga salina variable. Por si ello fuese poco, el río en su desembocadura es cuando lleva una mayor carga de sales lo que atenúa la diferencia entre los dos tipos de manto considerados.

No solo el agua es el medio de transporte de las sales, sino que también el viento contribuye a la salinización. En las zonas de interior cercanas a zonas salinas con presencia de eflorescencias superficiales, es el encargado de distribuirlas hasta las zonas cercanas con lo que se va extendiendo el área afectada.

En las zonas costeras, el transporte de las sales se hace por nebulización. Este modo afecta de forma más importante a zonas bajas cercanas a costas rocosas que provocan intensas salpicaduras, más intensas en las costas oceánicas de mares más bravíos.

#### ***2.2.5.2. Origen Inducido de las sales.***

Las actividades que pueden generar una salinización del suelo son las actividades agrícolas e incluso las actividades industriales también pueden contribuir de forma indirecta a la misma.

Entre las actividades agrícolas debemos distinguir las relacionadas con el cultivo y las modificaciones del terreno que se realizan para introducir cambios en el tipo de explotación, sobre todo las relacionadas con las transformaciones en regadío de zonas de secano.

La actividad más influyente en la salinización inducida del suelo es el riego con aguas de baja calidad, en donde esta agua se mide por la combinación de dos parámetros diferentes, la salinidad y el contenido en sodio. Para la evaluación de la salinidad se utiliza la conductividad eléctrica medida a 25° C. y para el contenido en sodio se usa una relación entre éste y los restantes cationes que se conoce como "relación de adsorción de sodio" y que es más conocida por sus siglas RAS en español o SAR, más utilizada, en inglés.

El RAS se calcula mediante la siguiente expresión:

$$RAS = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

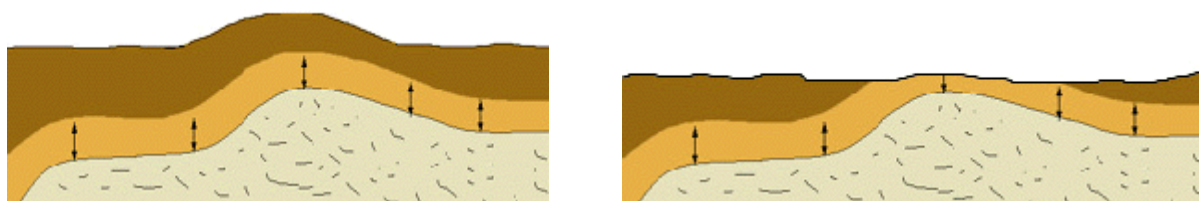
Las aguas cuya salinidad está por debajo de 0.75 dS/m no ofrecen ningún riesgo de salinización y pueden utilizarse en toda clase de suelos sin precauciones especiales. Por encima de 6 dS/m no deben utilizarse en ningún caso.

Otro efecto importante del cultivo del suelo es el abonado. En terrenos llanos solo crea problemas cuando se utilizan dosis excesivamente elevadas, salvo que el nivel freático esté muy alto, en cuyo caso las sales que llegan a él pueden afectar al suelo por capilaridad.

En los terrenos fuertemente ondulados, se pueden producir problemas de salinización en las zonas deprimidas que no posean un buen drenaje subsuperficial, por acumulación de los productos aplicados en toda la cuenca que vierte su agua a ellas. Las aplicaciones normales de abonado en las zonas altas pueden generar una salinización importante en las zonas más bajas por escorrentías profundas.

Las nivelaciones siempre provocan el afloramiento a la superficie de horizontes profundos que suelen ser más arcillosos y menos permeables, pues poseen una estructura más débil como consecuencia de un menor contenido orgánico

Cuando existe bajo el suelo un domo salino, como el que puede apreciarse en la figura inferior, se produce una salinización por efecto del ascenso capilar de las aguas de lluvia. Este ascenso capilar está limitado en el espacio y puede que no alcance al suelo o, al menos, que quede bajo la zona de enraizamiento de las plantas. En este caso el suelo no se ve afectado por las sales del domo salino y esa salinidad potencial permanece oculta.



*Figura 4. Domo de sal subterráneos*

Fuente: García (2015)

Cuando el terreno se somete a regadío se produce un incremento en el aporte hídrico y como consecuencia de ello un ascenso del manto freático, ello conduce a que el suelo pueda verse afectado por la franja capilar del mismo y le llegue, en los periodos secos, el agua cargada de sales que procede del manto. Se produce una salinización del suelo inducida por el exceso de agua a que se ve sometido.

Finalmente debemos considerar los efectos que ejercen las áreas industriales como inductoras de salinización. Salvo situaciones muy especiales, son pocas las industrias que vierten sus desechos directamente a los suelos vecinos, si bien es frecuente que se acumulen en zonas cercanas y que su lavado por las lluvias incremente la salinidad de los acuíferos de la zona y de los cursos de agua.

#### **2.2.6. Ciclos de Salinización.**

Según Ramírez (2016) en “*Condiciones De Salinidad Y Recuperación De Los Suelos De La Cancha Pública De Golf - San Bartolo, Lima*”

#### **2.2.6.1. Ciclos continentales.**

La formación de los suelos es un proceso que lleva millones de años y está relacionada directamente con los factores ambientales. Al modificarse la roca madre mediante agentes externos, se desarrollan una serie de transformaciones que alteran las propiedades originales, denominado intemperismo o meteorización. Al afectar esto a las rocas ígneas y/o sedimentarias se liberan una serie de sales (cloruros, sulfatos, bicarbonatos y carbonatos sódicos) que se transportan a través del viento, agua superficial y subterránea, se redistribuyen o simplemente quedan in situ. Además, el proceso está condicionado por el clima, la humedad del suelo, geomorfología y el drenaje.

#### **2.2.6.2. Ciclo continental de acumulación primaria.**

Las sales solubles presentes en el suelo proceden de la meteorización de las rocas, las cuales se acumulan in situ y no son transportadas.

#### **2.2.6.3. Ciclo continental de acumulación secundaria de sales.**

En este caso, las sales se movilizan, redistribuyen y acumulan en sitios apartados de su lugar de origen.

#### **2.2.6.2. Ciclos marinos.**

Relacionados con la acumulación de sales marinas, especialmente cloruro sódico, en zonas del litoral. Estas sales provienen de la intrusión marina, lo que permite una similitud en la composición química entre las sales del suelo y del mar. Asimismo, las sales pueden ser transportadas del mar al suelo por acción del viento.

#### **2.2.6.3. Ciclos deltaicos.**

Describe a los deltas como aquellos espacios ideales para el desarrollo de la agricultura debido a la disponibilidad hídrica y la alta fertilidad que presenta el suelo. Sin embargo, estas características propician una elevada vulnerabilidad en los suelos, ya que la interacción del agua de mar, el agua transportada por los ríos y el agua de la napa freática conlleva a procesos de salinización. Además, este proceso es resultado de los dos ciclos descritos anteriormente.

#### **2.2.6.4. Ciclos artesianos.**

En ciertas áreas existen fallas o fracturas del suelo que permiten afloraciones de aguas subterráneas salinizadas. Esto es típico en lugares lejanos al litoral y en donde las condiciones ambientales no son favorables para la acumulación de sales.

#### **2.2.6.5. Ciclos antropogénicos.**

Como se ha mencionado, este ciclo es causado por la intervención humana y producto de un inadecuado manejo del suelo y agua; ya que actividades como el riego excesivo, el uso de agua salina, un mal lavado del suelo, uso inapropiado de fertilizantes y hasta las actividades industriales y mineras contribuyen a la liberación y acumulación excesiva de sales.

#### **2.2.7. Fenómeno de salinización a nivel nacional**

El Perú posee una superficie de 128.5 millones de hectáreas (12% costa, 28% sierra y 60% selva), de las cuales solo 5.4 millones de hectáreas son áreas cultivadas, mientras que 2.2 millones de hectáreas que no están siendo usadas tienen potencial para ser áreas de cultivo. Por lo tanto, el total de áreas con capacidad a ser áreas cultivables es de 7.6 millones de hectáreas, de las cuales 28% se encuentra en la costa, 48% en la sierra y 24% en la selva (Ministerio de Agricultura, 2010). Se considera que las mejores tierras de cultivos del Perú se encuentran en la Costa donde la agricultura es intensiva y practicada en los fondos de los valles, ya que cuenta con orientación técnica, tecnología e inversiones de grandes capitales; es por ello que son tierras de alta productividad. No obstante, por la escasez de agua existente, en la Costa se obtiene, por lo general, sólo una cosecha al año; pero en aquellos casos en que se han realizado obras de riego se obtiene hasta dos cosechas, aumentando al mismo tiempo la producción agrícola. Sin embargo, se ha determinado que en las zonas costeras hay aproximadamente unas 300 mil hectáreas que registran problemas de salinización, especialmente en las áreas donde se cultiva arroz (Barrena et al., 2010). Estos problemas de salinización pueden darse de forma natural, especialmente en suelos bajos y planos que periódicamente son inundados por ríos o cuando el nivel de las aguas subterráneas es poco profundo y este asciende a la superficie por capilaridad. También puede darse la salinización por procesos antrópicos, asociados al sistema de riego. Ambos procesos se dan en la costa peruana, donde al encontrarse cercano al litoral, la brisa marina e intrusión de agua salina al acuífero generan el fenómeno de salinización, el cual también es influenciado por los factores antrópicos como el uso excesivo de fertilizantes e inadecuados manejos de regadío (Eguren, 2003).

#### **2.2.8. Métodos de mejoramiento de suelos salinos**

Según Chávez, Álvarez (2011) en *“La selección de variedades tolerantes. Una alternativa para la rehabilitación de suelos afectados por la salinidad.”* Las principales prácticas de mejoramiento y manejo de los suelos salinos y salinizados han sido agrupadas en métodos de mejoramiento, a saber, físico, químico, biológico y agro técnico. No obstante, cualquier división de los métodos de mejoramiento de los suelos salinizados, resulta artificial,

pues ningún método por separado es capaz de darle solución al problema, sino que, es en la combinación de los mismos, donde se deben esperar los mejores resultados.

El método más utilizado para la recuperación de suelos salinos es el lavado o la lixiviación de las sales solubles con agua de baja salinidad; este método consiste en aplicar una lámina grande de agua para disolver las sales y removerlas de la zona radical del cultivo. Aunque para lavar un suelo salino es indispensable que éste sea permeable y que exista una salida para el agua de drenaje.

Los métodos químicos de mejoramiento se usan fundamentalmente para sustituir el  $\text{Na}^+$  y el  $\text{Mg}^{++}$  contenido en el complejo de cambio por el  $\text{Ca}^{++}$ . Sobre este aspecto se han informado efectos positivos con el uso de compuestos cálcicos y de hierro, así como el uso de residuales que contienen ácido sulfúrico y otros elementos. No obstante, las sustancias más utilizadas con esos fines son el sulfato y el cloruro de calcio.

Los métodos agro técnicos están dirigidos fundamentalmente a mejorar las propiedades físicas y la fertilidad de los suelos afectados por sales. Se destacan en este sentido el uso de sustancias orgánicas como la cachaza y la materia orgánica de diferentes fuentes debido a que su aplicación favorece la formación de humus en el suelo mejorando su estructura; al mismo tiempo que contiene gran cantidad de elementos nutritivos y microorganismos beneficiosos para la planta.

Ruiz et al. (2007) en “*Aprovechamiento y mejoramiento de un suelo salino mediante el cultivo de pastos forrajeros.*” Entre los métodos biológicos, el de mayor empleo es el uso de plantas tolerantes, extractoras de sales, fundamentalmente de interés forrajero, porque además de reducir la salinidad, pueden ser aprovechados como cultivos de amplia cobertura en grandes extensiones de suelo para la disminuir la erosión y la confección de forraje para el ganado.

Conseguir un manejo adecuado de los suelos afectados por la salinidad, permitiría obtener cultivos rentables, por un lado, y su posible recuperación y regeneración, por otro. Para un manejo adecuado de estos suelos, no sólo se han de tener en cuenta las condiciones específicas, sino que es necesario hacer un seguimiento de los mismos, con el fin de controlar su evolución. Con ciertos niveles de salinidad, se pueden obtener rendimientos aceptables, si se eligen aquellas plantas tolerantes a estos niveles.

#### **2.2.9. Fitorremediación**

Según Paredes (2015), en “Optimización de la fitorremediación de mercurio en Humedales de flujo continuo empleando *Eichornia crassipes* (Jacinto de agua)” la Fitorremediación es el conjunto de métodos para degradar, asimilar, metabolizar o detoxificar metales pesados, sales, compuestos orgánicos, radioactivos y petroderivados por medio de la

utilización de plantas que tengan la capacidad fisiológica y bioquímica para absorber, retener degradar o transformar sustancias a formas menos tóxicas, restaurando así a ambientes y efluentes contaminados.

#### **2.2.10. Tipos de fitorremediación**

Se considera los siguientes tipos de fitorremediación:

##### **2.2.10.1. Fitoextracción.**

Consiste en la absorción de contaminantes por las raíces; es la capacidad de algunas plantas para acumular contaminantes en sus raíces, tallos o follaje. Este mecanismo ha sido ampliamente estudiado en plantas que acumulan metales y recientemente con materiales radioactivos.

##### **2.2.10.2. Rizo filtración.**

Las raíces de las plantas se usan para- absorber, precipitar y concentrar metales pesados a partir de efluentes líquidos isótopos radioactivos, contaminados y degradar compuestos fenólicos compuestos orgánicos.

##### **2.2.10.3. Fitoestabilización.**

Es un mecanismo que utiliza a la planta para desarrollar un sistema denso de raíces que le permite reducir la biodisponibilidad y la movilidad de los contaminantes evitando el transporte a capas subterráneas o a la atmósfera.

##### **2.2.10.4. Fito estimulación.**

Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos).

##### **2.2.10.5. Fitovolatilización.**

Las plantas captan y modifican metales pesados o compuestos y orgánicos los liberan la atmósfera con la transpiración.

##### **2.2.10.6. Fitodegradación.**

Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan, compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.

#### **2.2.11. Plantas halófilas**

Las plantas pueden adaptarse a diferentes situaciones para poder sobrevivir y reproducirse en dichos ambientes, en esta investigación hablaremos de las adaptaciones a los ambientes salinos por plantas Halófilas.

El mecanismo de las halófitas es que concentran en sus hojas el índice de sal que contienen. Posteriormente, éstas caen o mueren. Para compensar esa sal absorben mucha más.

De hecho, es común que la concentración de su citoplasma supere a la del sitio. Estas matas guardan la mayor parte de la sal en sus vacuolas. También pueden ser regadas con agua de mar.

#### **2.2.12. *Salicornia* sp**

Según López (2013), Es una halófita originaria del desierto de Sonora, cuyo período de crecimiento oscila de 300 a 360 días. Es una halófita facultativa, porque puede llevar a cabo su ciclo de vida a diversas concentraciones de sal, cuyas concentraciones de sal exceden los 200 mm de NaCl y constituyen aproximadamente el 1% de la flora del planeta.

Las halófitas se desarrollan en costas, estuarios y suelos salinos. Su presencia se asocia principalmente al calor en climas secos donde prevalecen los suelos salinos y, pueden encontrarse también en climas fríos, pero en menor cantidad.

#### **2.2.13. *Salicornia fruticosa*:**

Es de fácil obtención y de cultivo, ya que sólo necesita agua de mar y tierras desérticas y/o salitrosas, que lo tenemos en gran cantidad, a lo largo del litoral del Geosistema de la Costa del Perú, es adaptable a otros medios.

Al estar adaptada a crecer en suelos salinos, permite ser regada con aguas salinas. Su cultivo extensivo puede contribuir a la disminución en los niveles de salinidad, mejorando así la disponibilidad de nutrientes y aporta al almacenamiento de carbono en el suelo, preservando el medioambiente. Se estima que una Ha cultivada con salicornia podría capturar más de diez toneladas de carbono.

### **2.3. Definición de términos básicos**

Se utilizó el Glosario de Términos para la Gestión Ambiental Peruana del Ministerio del ambiente, 2012 (MINAM) para la definición de los términos del Marco Conceptual que se presenta a continuación:

#### **Agua.**

El agua es un recurso natural renovable, indispensable para la vida, vulnerable y estratégico para el desarrollo sostenible, el mantenimiento de los sistemas y ciclos naturales que la sustentan, y la seguridad de la Nación.

#### **Aguas residuales.**

Aguas cuyas características han sido modificadas por actividades antropogénicas, requieren de tratamiento previo y pueden ser vertidas a un cuerpo natural de agua o ser reutilizadas

#### **Ambiente.**

Es el conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos, de origen natural o antropogénico, que rodean a los seres vivos y determinan sus condiciones de existencia.

### **Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales.**

La utilización de los recursos naturales en forma tal que no afecte las posibilidades de su utilización en el futuro de manera indefinida; respetando su integridad funcional y la capacidad de carga de los ecosistemas. Está referido específicamente a la explotación de los recursos naturales renovables; no siendo propiamente aplicable a los recursos naturales no renovables.

### **Conservación.**

Es la gestión de la utilización de la biosfera por el ser humano, de tal suerte que produzca el mayor y sostenido beneficio para las generaciones actuales, pero que mantenga su potencialidad para satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones futuras.

### **Contaminación ambiental.**

Acción y estado que resulta de la introducción por el hombre de contaminantes al ambiente por encima de las cantidades y/o concentraciones máximas permitidas tomando en consideración el carácter acumulativo o sinérgico de los contaminantes en el ambiente.

### **Diversidad Biológica.**

Las diferentes formas y variedades en que se manifiesta la vida en el planeta tierra, es decir desde organismos vivos hasta los ecosistemas; comprende la diversidad dentro de cada especie (diversidad genética), entre las especies (diversidad de especies) y de los ecosistemas (diversidad de ecosistemas).

### **Protección del Agua.**

La Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca, debe velar por la protección del agua, que incluye la conservación y protección de sus fuentes, de los ecosistemas y de los bienes naturales asociados a ésta en el marco de la Ley y demás normas aplicables.

### **Recurso Natural.**

Todo componente de la naturaleza susceptible de ser aprovechado por el ser humano para la satisfacción de sus necesidades, con valor actual o potencial en el mercado.

### **Recurso Suelo.**

Es el conjunto de materiales sólidos, líquidos y gaseosos que conforman la capa superficial natural de la corteza terrestre o aún hechos por el hombre, y cuyos elementos son de naturaleza orgánica e inorgánica (minerales), ya sea aislados o mezclados cuyo límite superior es el aire o agua superficial.

## **Términos para la Formulación de Proyectos Ambientales – MINAM, 2012**

### **Monocultivo.**



Se refiere a las plantaciones de gran extensión con el cultivo de una sola especie, con los mismos patrones, resultando en una similitud genética, utilizando los mismos métodos de cultivo para toda la plantación (control de plagas, fertilización y alta estandarización de la producción), lo que hace más eficiente la producción a gran escala. Casos frecuentes de monocultivo se dan con eucalipto, pino o insigne, en el caso de árboles, o grandes plantaciones de cereal, soja, caña de azúcar, maíz, algodón etc.

### **Degradación Física Del Suelo.**

Deterioro de las propiedades físicas; densidad aparente, textura, estructura, estabilidad de los agregados y porosidad.

### **Degradación Química Del Suelo.**

Alteración de las propiedades químicas del suelo, por modificaciones en la concentración original de elementos, sustancias o iones, derivadas de procesos de acumulación, lixiviación y arrastre.

### **Eficiencia como fitorremediadora de *Salicornia fruticosa*.**

Monllor (2012) en “*Introducción a la Ciencia del suelo*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.” La eficiencia será de acuerdo a la tolerancia que tiene cada especie, en el caso de la *Salicornia* está es una especie halófila la cual es adaptada, eficiente y tolerante a ambientes salinos, siendo este un proceso natural por ello contribuye al rescate del equilibrio ambiental y restauración de comunidades vegetales.

### **Fitorremediación.**

Núñez et al. (2004), es el conjunto de métodos para degradar, asimilar, metabolizar o detoxificar metales pesados, sales, compuestos orgánicos, radioactivos y petroderivados por medio de la utilización de plantas que tengan la capacidad fisiológica y bioquímica para absorber, retener degradar o transformar sustancias a formas menos tóxicas, restaurando así a ambientes y efluentes contaminados.

### **Plantas Halófilas.**

Monllor (2012) en “*Introducción a la Ciencia del suelo*. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.” Poseen cierta cantidad de sal en su interior, que científicos califican como “normal”, pero eliminan su exceso a través de diversas estructuras, que suelen ser glándulas de sal o, incluso, tricomas secretores de salinidad, pueden adaptarse a diferentes situaciones para poder sobrevivir y reproducirse en estos ambientes. Están capacitadas para soportar sin daños aparentes la presencia de altas concentraciones de electrolitos en su ambiente.

### **Suelos Salinos.**

Jaramillo (2002), Son característicos de regiones áridas o semi áridas, su alto contenido en sales influye sobre las plantas, debido a que causan dificultades para su crecimiento y por ello no son suelos aptos para cultivos ya que la sales se acumulan en la zona de raíces, generalmente su pH es mayor a 8.5.

#### **Salicornia fruticosa.**

Pariona (2012), en “*Artículo científico Salicornia fruticosa*. Especialista del área de Ciencia, Tecnología y Ambiente, Cañete.” Es una especie que está adaptada a crecer en suelos salinos, permite ser regada con aguas salinas. Su cultivo extensivo puede contribuir a la disminución en los niveles de salinidad, mejorando así la disponibilidad de nutrientes y aporta al almacenamiento de carbono en el suelo, preservando el medioambiente. Se estima que una Ha cultivada con salicornia podría capturar más de diez toneladas de carbono.

### **2.4. Hipótesis**

**Ha:** Si se utiliza la Almaja Salada (*Salicornia fruticosa*) entonces se podrá recuperar suelos salinos del Sector Baldera

**Ho** Si se utiliza la Almaja Salada (*salicornia fruticosa*) entonces no se podrá recuperar suelos salinos del Sector Baldera

## **III. Materias y métodos**

### **3.1. Variables y operacionalización de variables**

#### **3.1.1 Variables.**

**VI:** Eficiencia como Fitorremediadora de *Salicornia fruticosa*

**VD:** Recuperar Suelos Salinos del Sector Baldera -distrito San José, Lambayeque

### 3.1.1. Operacionalización.

**Tabla N° 4.**

*Operacionalización de Variables*

VARIABLE	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDAD
<b>V.I:</b> Eficiencia de Fitorremediación del Almajó Salado “ <i>Salicornia fruticosa</i> ”	Es un conjunto de tecnologías que reducen <i>in situ</i> o <i>ex situ</i> la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y coorganizamos asociados a ellas.	Características del Almajó Salado “ <i>Salicornia fruticosa</i> ”	Crecimiento de la especie	Observación
			Número de plantas usada	Cantidad
			N	%
			P	Ppm
<b>V.D:</b> Recuperar Suelos Salinos del Sector Baldera -distrito San José, Lambayeque	Rescatar suelos de regiones áridas o semi áridas, que presentan alto porcentaje de sales influyendo sobre las plantas y dificultando su crecimiento, por ello no son aptos para cultivos.	Análisis de Parámetros Físicos- Químicos	K	ppm
			pH	Acides
				Neutro
				Alcalinidad
			C.E	Siemens por metro (S/m).
			M.O	%
			Textura	Arena: (2- 0.05 mm) Arcilla: (< 0.002 mm). (Limo: 0.05-0.002 mm).
		Áreas a recuperar suelos salinos	Parcelas	Ha

Fuente: Elaboración propia

### **3.2. Tipo de estudio y diseño de investigación**

#### **3.2.1. Tipo de estudio.**

El presente estudio tiene un tipo de estudio experimental ya que se realiza con un enfoque científico, donde una variable se mantiene constante (en este caso el llamado grupo control), mientras que el otro conjunto de variables se mide como sujeto del experimento (grupo experimental).

#### **3.2.2. Diseño de investigación.**

Según Santa et al. (2010), Es aquel según el cual el investigador manipula una variable, en este caso será la manipulación intencional de la variable independiente: Eficiencia como Fitorremediadora de Salicornia fruticosa con la finalidad de observar sus consecuencias y/o efectos sobre la variable dependiente: Suelos salinos

### **3.3. Población y muestra de estudio**

#### **3.3.1. Población.**

Ponce (2010) nos informa que es el conjunto total de algunos individuos que poseen algunas características comunes como la homogeneidad, el tiempo, el espacio y cantidad, es por ello que nuestra población está conformada por 418 Ha aproximadamente de suelos salinos en nuestro Sector Baldera.

#### **3.3.2. Muestra.**

Ponce (2010) nos indica que es un subconjunto representativo de la población, entonces nuestra muestra estará conformada por pequeños almácigos de 12 muestras del suelo salinizado del Sector Baldera, área de la cual será tomada de diferentes porciones de suelos, para servir como indicador de salinidad y post comparativo de análisis.

### **3.4. Instrumentos y materiales**

#### **3.4.1. Instrumentos y equipos.**

- GPS (ver anexo 01)
- Balanza (ver anexo 02)
- pH- Metro (ver anexo 03)

#### **3.4.2. Materiales.**

- Palana de fierro (ver anexo 04)
- Bolsas de plástico (ver anexo 05)
- Cinta métrica (ver anexo 06)
- Botellas de vidrio (ver anexo 07)
- Bolsas de siembra (ver anexo 08)

- Marcador (ver anexo 09)

### **3.5. Metodología**

#### **3.5.1. Obtención de muestras de suelos.**

Se realizaron varias salidas de campo hacia la zona de estudio en donde se realizaban actividades agrícolas con el fin de identificar las coberturas del suelo; en la primera salida se hizo un reconocimiento sobre la zona para la identificación de especies vegetales, y de forma aleatoria se escogió 6 puntos de muestreo del área que representa la zona del estudio de acuerdo a la imagen obtenida de Google maps, Sector Baldera (Anexo 09). Se hizo la recolección de 12 muestras aleatorias (zona sur, zona central, zona norte, zona este, zona noreste, zona sureste) en donde 6 muestras fueron para el control y los 6 restantes fueron utilizados para la siembra de la planta obtenida en el área respectiva. Cada muestra obtenida del suelo subsuperficial de 45cm de profundidad con ayuda de una palana de fierro después de ello, dichas muestras fueron colocadas en sus respectivas bolsas de plásticos, en donde fueron selladas y se anotó con un marcador, el número y el nombre de la zona. Para luego ser llevadas y analizadas en laboratorios e identificar sus parámetros físicos químicos.

También se obtuvo registro fotográfico de cada punto de muestreo de suelo y se anotó las características representativas del área (tipo de cultivo, tipo de suelo y estado en el que se encontraba el área).



*Figura 5. Recolección de muestra del suelo, en el área de cultivo de suelo salino en el sector Baldera, San José*  
*Fuente: Elaboración propia.*

#### **3.5.2. Obtención de la especie *Salicornia fruticosa*.**

Se observó e identificó la especie en el área respectiva en donde se tomó un 50% de esta especie en su estado joven del Sector Baldera, San José, para ser sembrada en las muestras de suelos obtenidas anteriormente, con el fin de medir la eficiencia de esta especie vegetal

durante los meses de octubre hasta abril, posterior a la siembra se realizará un análisis de suelo para obtener resultados favorables.



*Figura 6. Reconocimiento de la especie "Salicornia fruticosa" en el sector Baldera, San José*  
Fuente: Elaboración propia.



*Figura 7. Obtención de la especie "Salicornia fruticosa", en proceso de crecimiento*  
Fuente: Elaboración propia

### **3.5.3. Obtención del agua para el regado de la especie *Salicornia fruticosa*.**

El agua usada para el riego de la especie, es agua común del servicio de drenaje provisto por EPSEL y de la Junta de regantes del Sector Baldera.

### **3.6. Procesamiento de datos y análisis estadísticos**

Para el procesamiento de la información del presente estudio de investigación se utilizó el Software Word 2019, para la elaboración de tablas y gráficos se utilizó la hoja de cálculo Excel 2019, permitiendo plasmar los resultados satisfactoriamente.

#### IV. Resultados

En el presente capítulo se detallarán los resultados obtenidos a través de los instrumentos utilizados en esta investigación, teniendo en cuenta los objetivos específicos planteados inicialmente:

##### 4.1. Identificar lugares salinizados el sector Baldera, San José.

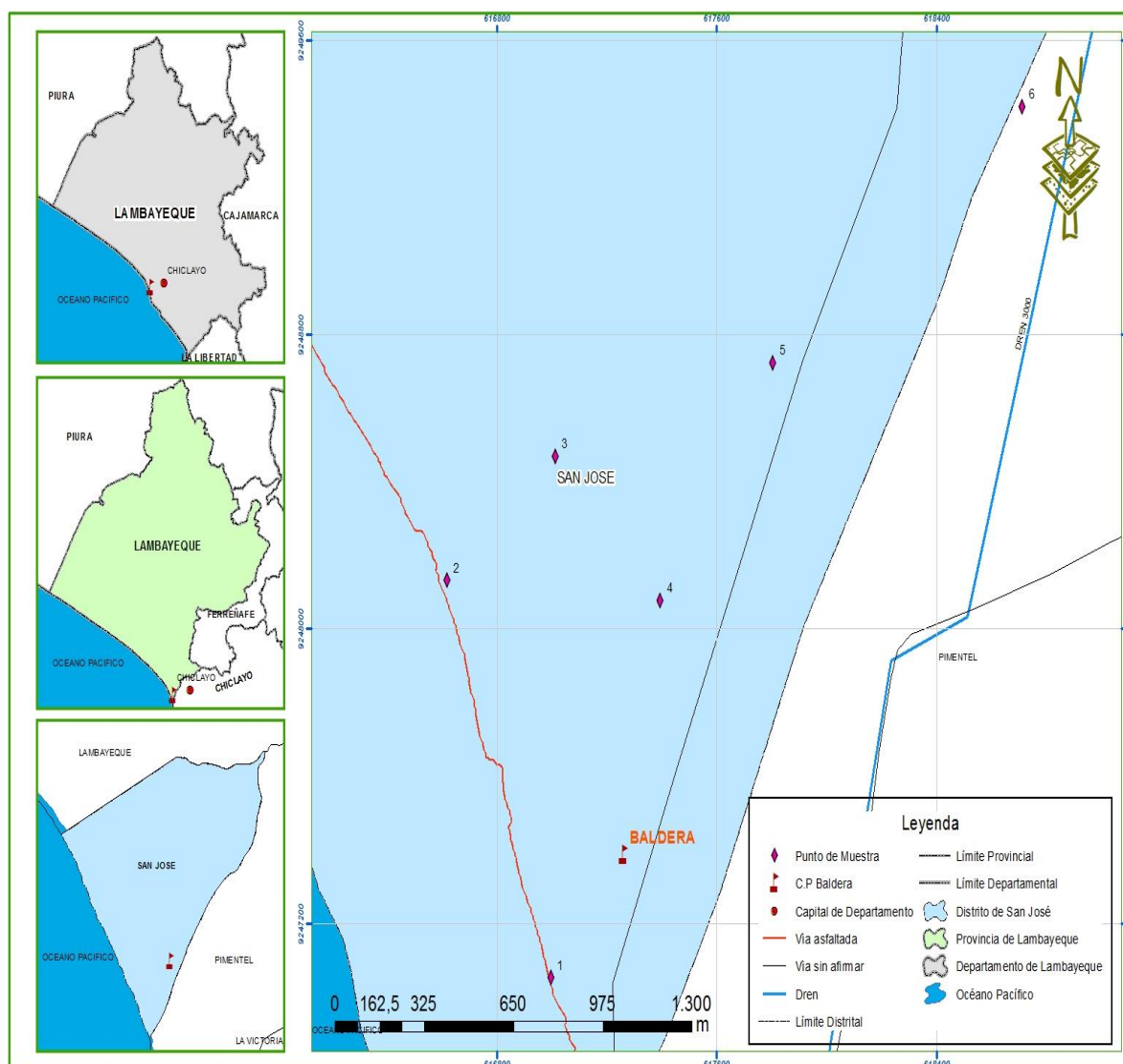


Figura 8. Mapa de muestra del área representativa del Sector Baldera, San José

Fuente: Elaboración propia

En la figura N°8, se muestra el área del centro poblado Sector Baldera, el cual está ubicado en el distrito de San José, Provincia de Lambayeque, en la región de Lambayeque, específicamente entre el distrito de Pimentel y San José, se logra verificar 6 puntos tomados de las tantas zonas salinizadas en el lugar de la investigación, con el fin de poder obtener las muestras respectivas para nuestros análisis de suelo, en donde también se obtuvieron las muestra de la especie almajo salado (*Salicornia fruticosa*) que se encuentra en casi toda el área.



Figura 9. Muestra N° 1 de la zona sur en el Sector Baldera, incluida la especie *Salicornia fruticosa*, en la figura.

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 5.**

*Recolección de la toma de muestras en el Sector Baldera para el análisis de laboratorio.*

N.º	CODIGO DE MUESTRA	ZONA	LONGITUD (O)	LATITUD (S)
1	1s	ZONA SUR	79° 56' 28.44"	6° 48' 38.63"
			79° 56' 28.33"	6° 48' 38.43"
2	2s	ZONA CENTRAL	79° 56' 15.48"	6° 48' 5"
			79° 56' 15.62"	6° 48' 5.10"
3	3s	ZONA NORTE	79° 56' 27.99"	6° 47' 52.28"
			79° 56' 27.75"	6° 47' 52.17"
4	4s	ZONA ESTE	79° 55' 51.89"	6° 48' 29.41"
			79° 55' 51.75	6° 48' 29.22"
5	5s	ZONA NORESTE	79° 92' 92.49"	6° 79' 97.23"
			79° 92' 92.28"	6° 79' 97.03"
6	6s	ZONA SURESTE	79° 93' 26.49"	6° 79' 63.24"
			79° 93' 26.25"	6° 79' 63.12"

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 5, con la ayuda de nuestro GPS, se lograron obtener nuestras coordenadas UTM (longitudes y latitudes), con el fin de poder tomar nuestros 6 puntos respectivos de los cuales se tomaran 2 muestras por punto, por ende en total serian 12 muestras, incluyendo 6 muestras para ser llevadas al laboratorio y 6 muestras usadas para nuestra siembra, en esta



tabla también incluye las muestras tomadas por cada zona en los diferentes puntos (zona sur, zona central, zona norte, zona este, zona noreste, zona sureste).

#### 4.2. Identificar los parámetros físico – químicos de los suelos salinos del Sector

##### Baldera, San José.

Se logró identificar los parámetros físico – químicos en las muestras recolectadas de nuestro suelo, pertenecientes al Sector Baldera, antes de la siembra respectiva.

**Tabla N° 5.**

*Análisis Físico Químico de muestra de Suelo extraído de la zona de trabajo*

<b>Muestra N°</b>	<b>C.E</b>	<b>pH</b>	<b>M.O</b>	<b>N</b>	<b>Pg</b>	<b>K</b>	<b>Clase</b>
	<b>mS/cm</b>		<b>%</b>	<b>%</b>	<b>Ppm</b>	<b>Pmm</b>	<b>Textural</b>
M-1 Zona Baja, Flora Aledaña Grama Salada de playa	41.50	7.8	0.86	0.056	2.6	1.200	Fr.Ao
M-2 Zona Baja, Flora Aledaña, Chope arena salada y salitrosa	31.90	7.6	1.03	0.049	3.9	916	Fr.Ao
M-3 Zona Media, Flora Aledaña, Grama de Playa	55.00	7.7	0.97	0.074	2.9	1009	Fr.Ar.Ao
M-4 Zona Baja, Flora Aledaña, pastizales y cultivos de arroz	49.80	7.9	1.30	0.069	3.6	610	Fr.Ar.Ao
M-5 Zona Baja Flora, Aledaña, cultivo de arroz	16.80	7.5	1.10	0.070	3.1	640	Fr.Ar.Ao
M-6 Zona Baja, Flora Aledaña, Grama Salada y Grama de playa	30.20	7.8	1.08	0.0086	2.6	320	Fr.Ar.Ao

Fuente: Jefatura de Laboratorio de Suelos, UNPRG – Anexo 10

En la tabla N° 6, se muestran los parámetros físicos- químicos realizados a las muestras de suelos antes de la siembra de la especie Almajo Salado (*Salicornia fruticosa*), en donde se obtuvo parámetros con valores elevados, en donde estos resultados iniciales serán de gran ayuda más adelante para determinar la eficiencia fitorremediadora de nuestra especie seleccionada.

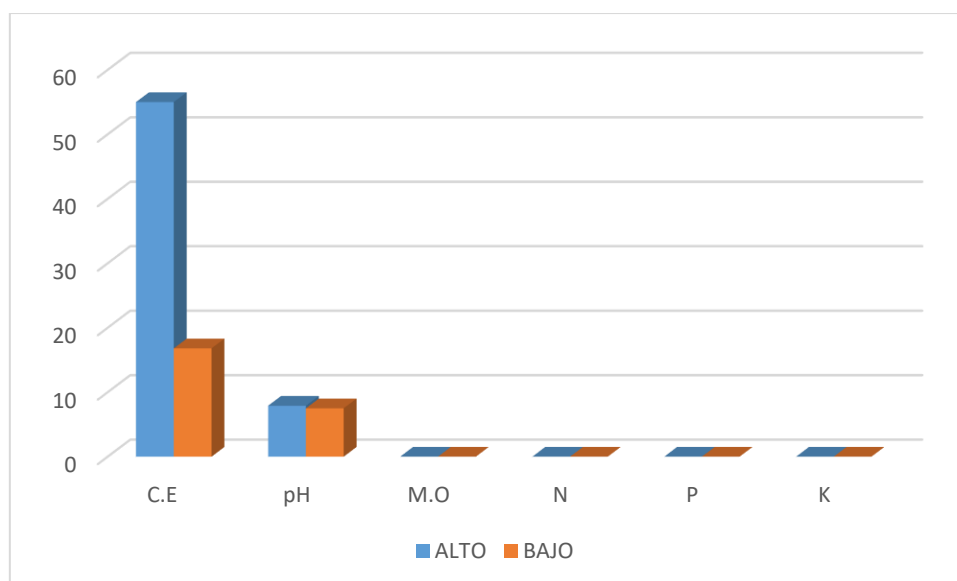


Figura 10. Comparación de muestras obtenidas en el rango Alto y Bajo en el Parámetro Físico - Químico

Fuente: Elaboración propia

De nuestras muestras en la figura 10 se verifican que el parámetro físico químico sobre la conductividad eléctrica más alta sería nuestra M -3 con 55.00 mS/cm y nuestra muestra más baja sería la M – 5 con 16.80 mS/cm; en el pH la muestra más alta sería la M – 4 con 7.9 y la más baja M – 5 con 7.5. ; en la M.O nuestra muestra más alta sería la M – 5 teniendo 1.10 % y la más baja M – 1 con 0.86%; para nuestro N, en este caso la más alta es M – 3 con 0.074 % y la más baja es M – 1 con 0.056 %; para el P la más alta es M – 2 con 3.9 ppm y la más baja sería M – 1 y 6 con el mismo porcentaje 2.6 ppm; como último parámetro es K en donde su muestra alta es M – 1 con 1.200 ppm y la más baja es M – 6 con 320 ppm.

Esta tabla también nos brinda la información sobre los dos tipos de suelos que podemos encontrar en nuestro lugar de investigación en este caso sería el Franco arenoso y el Franco arenoso arcilloso.

#### 4.3. Sembrar las plantas de Almajo Salado (*Salicornia fruticosa*) en los suelos salinos del Sector Baldera.

Después de haber separado las muestras respectivas del suelo y las muestras de la especie (aprox. 4k.), se procedió al llenado de las bolsas para la siembra en donde fueron 6 bolsas por cada zona (zona sur, zona central, zona norte, zona este, zona noreste, zona sureste), aproximadamente se llegaron a sembrar 36 plantas de la especie *Salicornia fruticosa*.



*Figura 9. Pesado de la especie Salicornia fruticosa*  
Fuente: Elaboración propia.



*Figura 12. Sembrado de la especie "Salicornia fruticosa"*  
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la especie fue llevada a un pequeño vivero realizado en casa y se tuvo un plazo de 1 año, para lograr mejores resultados, durante el plazo indicado, en el primer mes, se procedió al regado de esta especie con el agua extraída del mismo Sector Baldera, con el fin de que la planta pueda crecer sin ningún problema



*Figura 13. Salicornia fruticosa en vivero*  
Fuente: Elaboración propia.

#### **4.4. Identificar los parámetros físico-químicos de los suelos salinos del Sector Baldera después de sembrado la *Salicornia fruticosa*.**

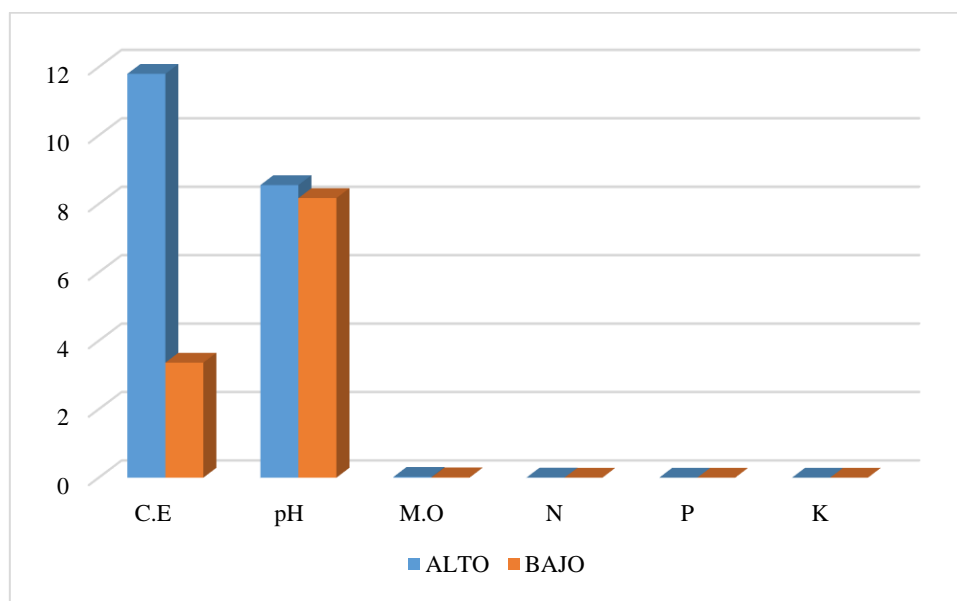
**Tabla N° 7.**

*Análisis Físico Químico de muestra de Suelos después de realizar la remediación*

<b>Muestra</b>	<b>C.E mS/cm</b>	<b>pH</b>	<b>M.O %</b>	<b>N %</b>	<b>P ppm</b>	<b>K Pmm</b>	<b>Clase Textural</b>
M-1 Zona Baja, Flora Aledaña Gramma Salada de playa	27.80	8.53	1.02	0.062	2.9	906	Fr.Ao
M-2 Zona Baja, Flora Aledaña, Chope arena salada y salitrosa	11.08	8.46	1.85	0.090	3.1	942	Fr.Ao
M-3 Zona Media, Flora Aledaña, Gramma de Playa	6.10	8.40	2.03	0.112	2.2	540	Fr.Ar.Ao
M-4 Zona Baja, Flora Aledaña, pastizales y cultivos de arroz	7.70	8.55	2.10	0.081	3.6	390	Fr.Ar.Ao
M-5 Zona Baja Flora, Aledaña, cultivo de arroz	3.58	8.17	1.16	0.042	4.2	520	Fr.Ar.Ao
M-6 Zona Baja, Flora Aledaña, Gramma Salada y Gramma de playa	3.36	8.37	2.18	0.089	3.8	410	Fr.Ar.Ao

*Fuente:* Jefatura de Laboratorio de Suelos, UNPRG – Anexo 11

Luego de haber realizado el sembrado en nuestras muestras respectivas por el tiempo indicado, se procedió al secado de estas muestras antes de ser llevadas al laboratorio, en donde se verifican los resultados diferentes para cada muestra como en cada parámetro físico – químico diferente, para después ser comparadas con nuestras primeras muestras obtenidas.



*Figura 14.* Comparación de muestras obtenidas en el rango Alto y Bajo en el Parámetro Físico - Químico

*Fuente:* Elaboración propia

De nuestras muestras en nuestro gráfico 14 se verifican que el parámetro físico químico sobre la conductividad eléctrica más alta sería nuestra M -2 con 11.80 mS/cm y nuestra muestra más baja sería la M – 6 con 3.36 mS/cm; en el pH la muestra más alta sería la M – 4 con 8.55 y la más baja M – 5 con 8.17 ; en la M.O nuestra muestra más alta sería la M – 6 teniendo 2.18

% y la más baja M – 1 con 1.02%; para nuestro N, en este caso la más alta es M – 3 con 0.112 % y las más baja es M – 5 con 0.042 %; para el P la más alta es M – 5 con 4.2 ppm y la más baja sería M – 3 con 2.2 ppm; como último parámetro es K en donde su muestra alta es M – 2 con 942 pmm y la más baja es M – 4 con 390 ppm. También nos brinda la misma información sobre los dos tipos de suelos que encontramos en nuestro lugar de investigación en este caso sería el Franco arenoso y el Franco arenoso arcilloso.

#### 4.5.Comparar los parámetros físicos químicos de los suelos salinos del Sector Baldera antes y después del sembrado del Almajó Salado (*Salicornia fruticosa*).

**Tabla N° 8.**

*Parámetros fisicoquímicos del suelo antes y después de ser sembrados con la especie Salicornia fruticosa.*

Muestra	Parámetros físicos - químicos						
	C.E mS/cm	pH	M.O %	N %	P Ppm	K Pmm	Clase Textural
<b>Sin tratamiento</b>							
Muestra 1 (M -1)	41.50	7.8	0.86	0.056	2.6	1.200	Fr.Ao
Muestra 2 (M-2)	31.90	7.6	1.03	0.049	3.9	916	Fr.Ao
Muestra 3 (M-3)	55.00	7.7	0.97	0.074	2.9	1009	Fr.Ar.Ao
Muestra 4 (M-4)	49.80	7.9	1.30	0.069	3.6	610	Fr.Ar.Ao
Muestra 5 (M-5)	16.80	7.5	1.10	0.070	3.1	640	Fr.Ar.Ao
Muestra 6 (M -6)	30.20	7.8	1.08	0.0086	2.6	320	Fr.Ar.Ao
<b>Con tratamiento</b>							
Muestra 1 (M-1)	27.80	8.53	1.02	0.062	2.9	906	Fr.Ao
Muestra 2 (M-2)	11.08	8.46	1.85	0.090	3.1	942	Fr.Ao
Muestra 3 (M-3)	6.10	8.40	2.03	0.112	2.2	540	Fr.Ar.Ao
Muestra 4 (M-4)	7.70	8.55	2.10	0.081	3.6	390	Fr.Ar.Ao
Muestra 5 (M-5)	3.58	8.17	1.16	0.042	4.2	520	Fr.Ar.Ao
Muestra 6 (M -6)	3.36	8.37	2.18	0.089	3.8	410	Fr.Ar.Ao

*Fuente:* Elaboración propia

En la tabla N° 8, se puede apreciar la comparación los valores de los parámetros fisicoquímicos de las distintas muestras (M -1 hasta M – 6) sin tratamiento y con tratamiento, existe una disminución progresiva en lo que respecta a la conductividad eléctrica del suelo (mS/cm) casi de un 50% de disminución durante el periodo de trabajo (12 meses), en los cuales los 6 meses

de extensión no mencionados en el periodo de trabajo es para la mejora de la investigación con respecto al tiempo de espera y análisis de la especie.

En lo que respecta a pH podemos ver un aumento de la alcalinidad leve pero significativa, podríamos determinar que sea por el riego que este tuvo al inicio del sembrado con un agua que tenía de pH 7.31, como se verifica en uno de nuestros anexos y la materia orgánica como nuestros macronutrientes N, P, K sufrieron un aumento de porcentaje en algunas muestras, esto podría hacer al uso de la especie *Salicornia fruticosa*, ya que ayuda a mejorar a la disponibilidad de los nutrientes como también a la captación y almacenamiento de carbono en el suelo.



Figura 15. Comparación de la primera muestra con tratamiento y sin tratamiento  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 se observa la M -1 la disminución de ciertos parámetros físico – químico, que se encuentran con tratamiento y sin tratamiento, en el primer lugar nuestro C. E donde su porcentaje reducido es casi hasta un 50% con tratamiento de 27.8%, mientras que sin tratamiento su porcentaje fue de 41.5%; prosiguiendo con el análisis el pH hubo un pequeño crecimiento, debido a diversos factores (como el riego de plantas) con tratamiento de 8.53 y sin ningún tratamiento fue de 7.8; en cambio nuestra M.O tuvo un aumento de su porcentaje con el tratamiento recibido de 1.02%, y en nuestra muestra sin tratamiento fue de 0.86%; incluyendo el N que con tratamiento obtuvo un porcentaje de 0.062 % y sin tratamiento fue de 0.056%; luego el P se verifica un pequeño aumento con el tratamiento recibido de 2.9 ppm sin tratamiento fue de 2.6 pmm y por último el K su porcentaje con tratamiento es 906 pmm en comparación a lo que fue sin tratamiento de 102 pmm, de manera que en estos últimos

parámetros su aumento en algunos porcentaje se debido a la disponibilidad de varios nutrientes sobre nuestra especie obtenida.

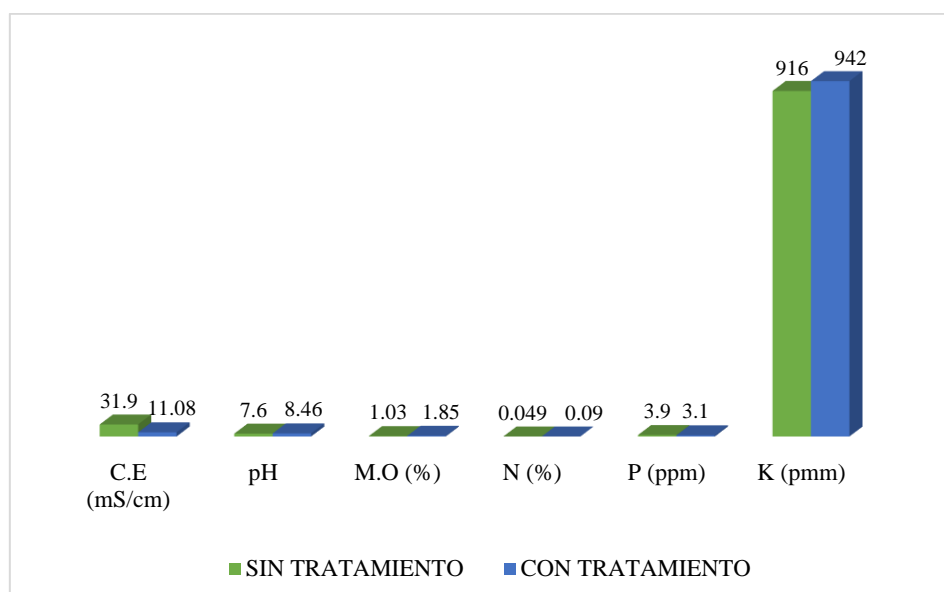


Figura 16. Comparación de la segunda muestra con tratamiento y sin tratamiento  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 se observa la M -2 la disminución de ciertos parámetros físico – químico, que se encuentran con tratamiento y sin tratamiento, en el primer lugar nuestro C. E donde su porcentaje reducido es casi hasta un 50% con tratamiento de 31.9 %, mientras que sin tratamiento su porcentaje fue de 11.08 %; prosiguiendo con el análisis el pH hubo un pequeño crecimiento, debido a diversos factores (como el riego de plantas) con tratamiento de 8.46 y sin ningún tratamiento fue de 7.68; en cambio nuestra M.O tuvo un aumento de su porcentaje con el tratamiento recibido de 1.85%, y en nuestra muestra sin tratamiento fue de 1.03 %; incluyendo el N que con tratamiento obtuvo un porcentaje de 0.049 % y sin tratamiento fue de 0.090 %; luego el P se verifica una disminución con el tratamiento recibido de 3.1 ppm y sin tratamiento fue de 3.9 pmm y por último el K su porcentaje con tratamiento es 942 pmm en comparación a lo que fue sin tratamiento de 916 pmm. Determinando así las comparaciones respectivas.

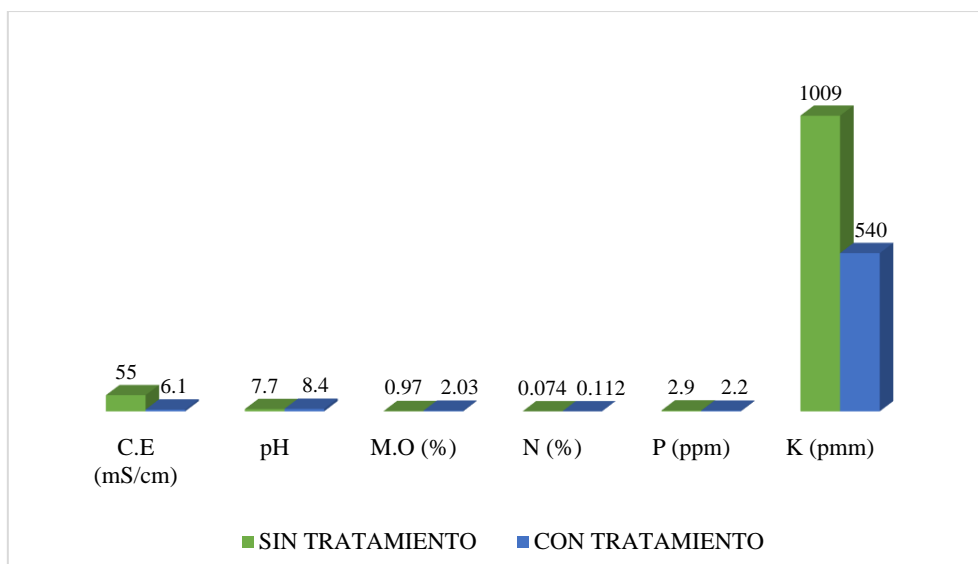
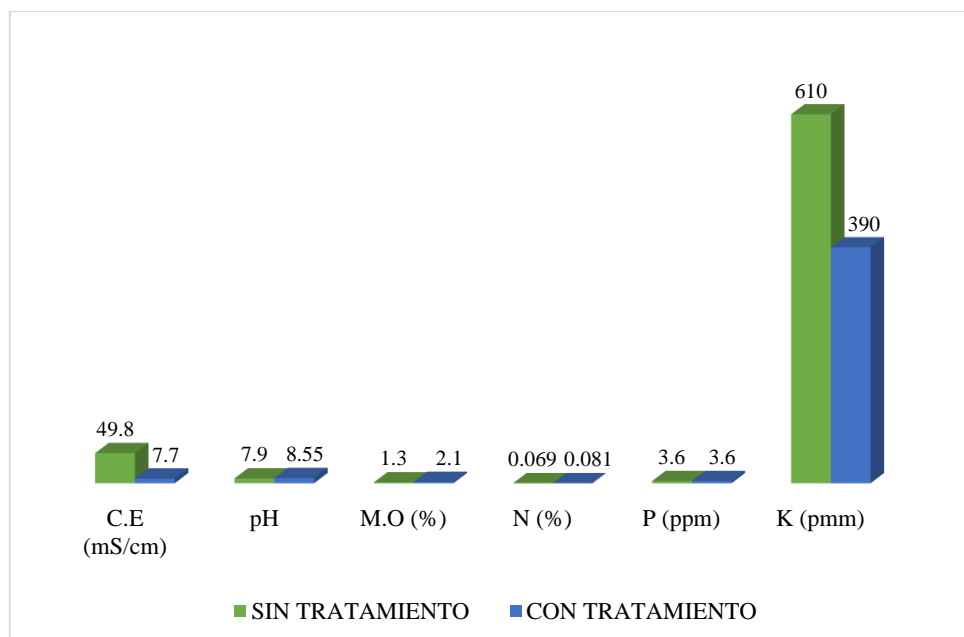


Figura 17. Comparación de la tercera muestra con tratamiento y sin tratamiento  
Fuente: Elaboración propia

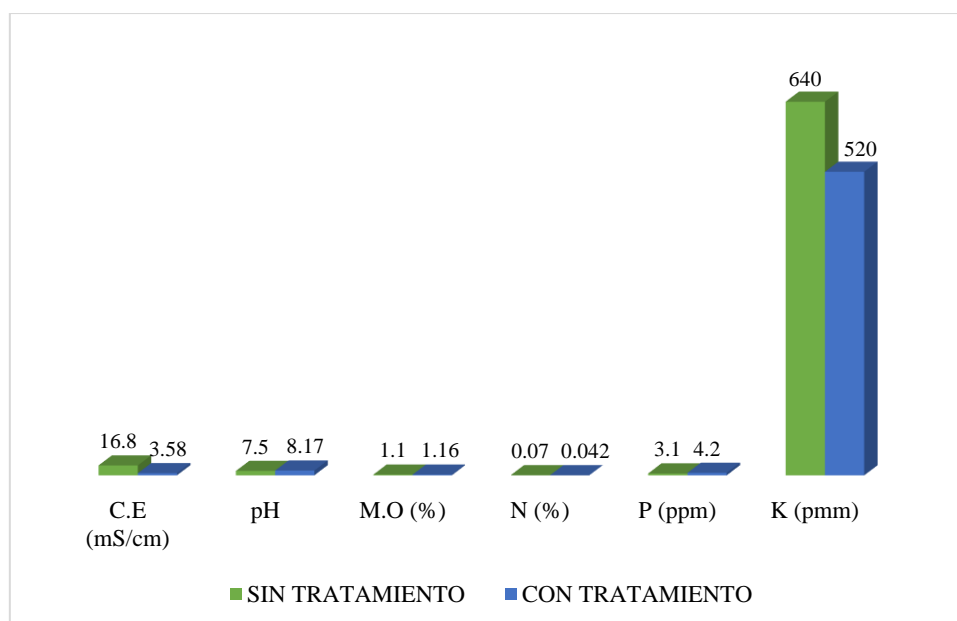
En la figura 17 se observa la M -3 la disminución de ciertos parámetros físico – químico, que se encuentran con tratamiento y sin tratamiento, en el primer lugar nuestro C. E donde su porcentaje reducido es casi hasta un 50% con tratamiento de 6.1 %, mientras que sin tratamiento su porcentaje fue de 55 %; prosiguiendo con el análisis el pH hubo un pequeño crecimiento, debido a diversos factores (como el riego de plantas) con tratamiento de 8.4 y sin ningún tratamiento fue de 7.7 ; en cambio nuestra M.O tuvo un aumento de su porcentaje con el tratamiento recibido de 2.03%, y en nuestra muestra sin tratamiento fue de 0.97 %; incluyendo el N que con tratamiento obtuvo un porcentaje de 0.112 % y sin tratamiento fue de 0.074 %; luego el P se verifica una disminución con el tratamiento recibido de 2.2 ppm y sin tratamiento fue de 2.9 pmm y por último el K su porcentaje con tratamiento es 540 pmm en comparación a lo que fue sin tratamiento de 1009 pmm. Estamos hablando casi del 50% de reducción en este parámetro y determinando así las comparaciones respectivas.





*Figura 18.* Comparación de la cuarta muestra con tratamiento y sin tratamiento  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 18 se observa la M -4 la disminución de ciertos parámetros físico – químico, que se encuentran con tratamiento y sin tratamiento, en el primer lugar nuestro C. E donde su porcentaje reducido es casi hasta un 50% con tratamiento de 7.7 %, mientras que sin tratamiento su porcentaje fue de 49.8 %; prosiguiendo con el análisis el pH hubo un pequeño crecimiento, debido a diversos factores (como el riego de plantas) con tratamiento de 8.55 y sin ningún tratamiento fue de 7.9 ; en cambio nuestra M.O tuvo un aumento de su porcentaje con el tratamiento recibido de 2.1 %, y en nuestra muestra sin tratamiento fue de 1.3 %; incluyendo el N que con tratamiento obtuvo un porcentaje de 0.081 % y sin tratamiento fue de 0.069 %; luego el P se verifica una igualdad de porcentajes con el tratamiento recibido de 3.6 ppm y sin tratamiento fue de 3,6 pmm y por último el K su porcentaje con tratamiento es 390 pmm en comparación a lo que fue sin tratamiento de 610 pmm. Estamos hablando casi del 40% de reducción en este parámetro y determinando así las comparaciones respectivas.



*Figura 19.* Comparación de la quinta muestra con tratamiento y sin tratamiento  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 19 se observa la M -5 la disminución de ciertos parámetros físico – químico, que se encuentran con tratamiento y sin tratamiento, en el primer lugar nuestro C. E donde su porcentaje reducido es casi hasta un 50% con tratamiento de 3.58 %, mientras que sin tratamiento su porcentaje fue de 16.8 %; prosiguiendo con el análisis el pH hubo un pequeño crecimiento, debido a diversos factores (como el riego de plantas, tipo de suelo) con tratamiento de 8.17 y sin ningún tratamiento fue de 7.5 ; en cambio nuestra M.O tuvo un pequeño aumento de su porcentaje con el tratamiento recibido de 1.16 %, y en nuestra muestra sin tratamiento fue de 1.1 %; incluyendo el N que con tratamiento obtuvo un porcentaje de 0.042 % y sin tratamiento fue de 0.07 %; luego el P se verifica un aumento de porcentajes con el tratamiento recibido de 4.2 ppm y sin tratamiento fue de 3,1 pmm y por último el K su porcentaje con tratamiento es 520 pmm en comparación a lo que fue sin tratamiento de 640 pmm. Estamos hablando casi del 10% de reducción en este parámetro y determinando así las comparaciones respectivas.

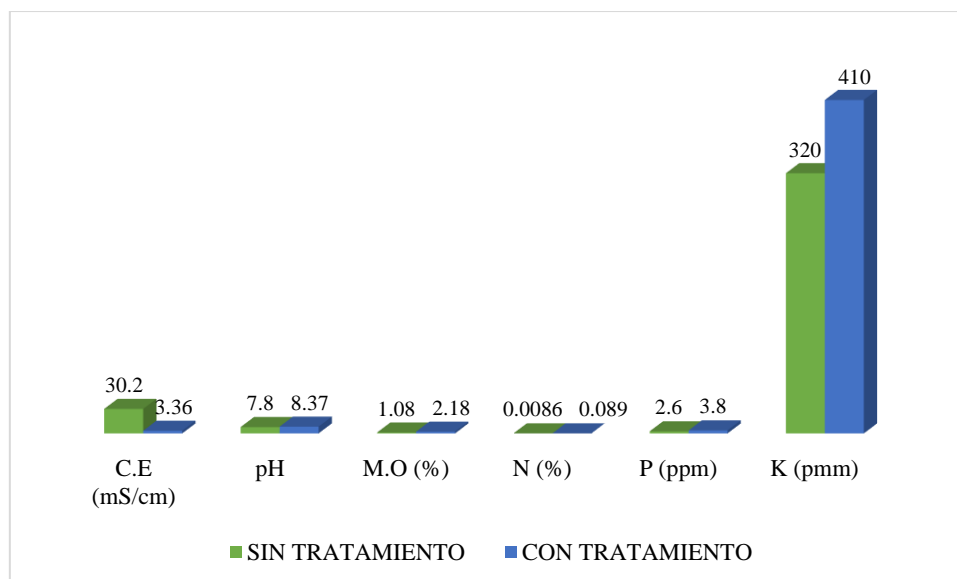


Figura 20. Comparación de la sexta muestra con tratamiento y sin tratamiento  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 20 se observa la M -6 la disminución de ciertos parámetros físico – químico, que se encuentran con tratamiento y sin tratamiento, en el primer lugar nuestro C. E donde su porcentaje reducido es casi hasta un 50% con tratamiento de 3.36 %, mientras que sin tratamiento su porcentaje fue de 30.2 %; prosiguiendo con el análisis el pH hubo un pequeño crecimiento, debido a diversos factores (como el riego de plantas, tipo de suelo) con tratamiento de 8.37 y sin ningún tratamiento fue de 7.8 ; en cambio nuestra M.O tuvo un aumento de su porcentaje con el tratamiento recibido de 2.18 %, y en nuestra muestra sin tratamiento fue de 1.08 %; incluyendo el N que con tratamiento obtuvo un porcentaje de 0.089 % y sin tratamiento fue de 0.0086 %; luego el P se verifica un aumento de porcentajes con el tratamiento recibido de 3.8 ppm y sin tratamiento fue de 2.6 pmm y por último el K su porcentaje con tratamiento es 410 pmm en comparación a lo que fue sin tratamiento de 320 pmm. Estamos hablando casi del 10% de aumento en este parámetro y determinando así las comparaciones respectivas con todas nuestras muestras obtenidas.

## V. Discusión

Como menciona Toll Vera et al. (2016), realizaron similares procedimientos en el estudio “*Recuperación de suelos salinos mediante la implantación de Grama Rhodes (Chloris gayana Kunth.)*”, especie también remediadora de suelos con problemas de salinidad, como se indicó se realizaron diferentes análisis físicos -químicos en los cuales obtienen iguales resultados en respuesta a la mejora del suelo como son la disminución de pH, aumento de MO, adicionalmente en este estudio no se tomó en cuenta la conductividad del suelo y valores de K y P del mismo, indicadores primordiales para la selección adecuada de especies que serán beneficiadas con el cultivo en ese tipo de suelo, ya que tenemos en cuenta que no todas las especies vegetales tienen los mismos consumos de nutrientes para su desarrollo. Por lo cual sostenemos que en nuestro estudio tenemos mayor prioridad por conocer cada uno de sus elementos afectados antes, durante y después de la realización del estudio. En comparación con el estudio realizado por Barcia et al. (2014), nos mencionan el uso de medio nutritivo para el crecimiento de la especie para luego ser implementado en el área de trabajo, es un poco más costoso y demandante tomando en cuenta que en nuestra zona de trabajo lo que menos se verá reflejado es un apoyo económico y se hará provecho de un recurso ya existente y en grandes cantidades como es la Grama Salada que crece abundantemente en nuestras zonas costeras, paralelo a esto que con lleva un mayor control en el crecimiento y análisis de la especie, ya que esto altera el crecimiento natural de la misma al ser llevada a un laboratorio para su desarrollo. Se ha de mencionar que en nuestra zona de trabajo como es el Sector Baldera en San José, llevamos una fuerte ventaja al no presentar suelos muy compactados por el desgaste salino y el tránsito de vehículos, como es el caso del estudio realizado por Cañete desarrollado en Lima donde los suelos tienen que ser lavados y removidos para facilitar su recuperación una dificultad que demanda un mayor tiempo de trabajo y de recursos.

## VI. Conclusiones

- Se logró identificar los lugares salinizados en el Sector Baldera a través del recorrido, en donde se tomó 6 puntos, los cuales tienen las siguientes coordenadas: en la zona sur su longitud es de 79° 56' 28.44" y como latitud 6° 48' 38.63; en la zona central su longitud es de 79° 56' 15.48" y la latitud es de 6° 48' 5"; la zona norte la longitud es de 79° 56' 27.99" y su latitud de 6° 47' 52.28"; la zona este tiene una longitud de 79° 55' 51.89" y su latitud es de 6° 48' 29.41"; la zona noreste tiene una longitud de 79° 92' 92.49" y como latitud tiene de 6° 79' 97.23"; y por último la zona sureste tiene como longitud 79° 93' 26.49" y por latitud tiene 6° 79' 63.24", quedando como registro para nuestra investigación.
- Se logró evaluar los parámetros físicos - químicos en las 6 muestras obtenidas del suelo, en donde el rango del parámetro C.E es de 16.80 mS/cm a 55.00 mS/cm; en el parámetro pH los rangos son entre el 7.5 y 7.9; en el siguiente parámetro M.O varía de 0.86% a 1.30%; para el parámetro N es de 0.056% a 0.074 %; en P su rango es entre 2.6 ppm y 3.9 ppm; y por último el parámetro de K su rango es entre 320 pmm hasta 1.200 pmm.
- Se logró sembrar aproximadamente 36 plantas especie de Almajo Salada (*Salicornia fruticosa*) en los suelos salinos del Sector Baldera in vitro, en donde se observó la adaptación de la especie de forma positiva, para recuperar estos suelos.
- Se logró evaluar los parámetros físicos - químicos después de la siembra de la especie en donde sus resultados nos indican una disminución en algunas muestras, pero en otras una elevación de datos, a continuación el parámetro C.E está entre 3.36 mS/cm - 27.80 mS/cm; en el parámetro pH los rangos son de 8.17 a 8.55; en el siguiente parámetro M.O varía entre 1.02% - 2.18%; para el parámetro N es entre 0.042% y 0.112%; en P su rango es de 2.2 ppm a 4.2 ppm; y por último el parámetro de k su rango es desde 390 pmm hasta 942 pmm.
- Se concluye que al realizar la comparación de los resultados obtenidos de los análisis antes y después de la siembra de la especie, su efecto es positivo y eficiente como un fitorremediador, ya que esta especie muy aparte de disminuir sales en suelos, se encarga de mejorar la disponibilidad de los nutrientes con la captación de carbono, el rango en el cuadro de comparación varían: en el parámetro C.E está entre 3.36 mS/cm hasta 55 mS/cm; en el parámetro pH los rangos son de 7.5 a 8.55; en el parámetro M.O varía entre 0.86% y 2.18%; para el parámetro N es de 0.0086% a 0.112%; en P su rango es de 2.2 ppm a 4.2 ppm; y por ultimo el parámetro de k es desde 320 pmm hasta 942 pmm.

## VII. Recomendaciones

- La investigación del Almajo salado (*Salicornia fruticosa*) como agente fitorremediadora de suelos salinos trajo consigo un resultado favorable, es por ello que se recomienda utilizar esta planta en puntos estratégicos a lo largo del Sector Baldera, para su fitorremediación.
- Se recomienda utilizar plantas que están en pleno proceso de crecimiento, puesto que en su desarrollo en el proceso del sembrado tienen mejor capacidad de captar sales, y así se evitara menos perdida de cada planta.
- Este proyecto de investigación se tenía previsto realizarlo solo en un periodo de 6 meses, pero se verifico en el proceso de sembrado la mejora significativa, es por ello que se optó por ampliar el plazo a 12 meses.
- Después de haber recuperado los suelos con éxito dar un periodo de 3 meses de espera para comenzar a utilizar los suelos en el cultivo de alguna especie y que en su preferencia sea empleada una especie con baja demanda de nutrientes para que estos no se vean afectados con el consumo rápido de nutrientes en un suelo recién recuperado, ya que podría producirse una pérdida total del suelo y un mayor gasto en intento de reestablecerlo a un estado mediano.

## VIII. Referencias bibliográficas

- Aulestia, K., (2012). Respuestas fisiológicas de tres especies vegetales nativas sometidas a tratamiento con lixiviado de relleno sanitario. Facultad de Ciencias Naturales y exactas, Santiago de Cali.
- Chávez, L., 2014. Fitorremediación con Especies Nativas en suelos contaminados por plomo. Facultad de ciencias. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Chávez, L; Álvarez, A., 2011. Revista Granma Ciencia. Vol. 15, no. 3 septiembre. La selección de variedades tolerantes. Una alternativa para la rehabilitación de suelos afectados por la salinidad. Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”, Cuba.
- Fox, E., 2013. Evaluación de pérdida de suelo por salinización en la parte baja de la cuenca del Jequetepeque: San Pedro de Lloc (1980 – 2003). Tesis de Licenciatura en Geografía y Medio Ambiente, Facultad de Letras y Ciencias Humanas, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hazelton, Pam. Murphy, B. (2007). Interpreting Soil Test Results: What do all the numbers mean? (Segunda edición) 151 pp. Sydney: Csiro Publishing.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, 2007. Censo Nacional de población 2007.
- Jahnsen, M., 2013. Impacto de la represa de Gallito Ciego en la pérdida de tierras de cultivo por salinización en la cuenca baja del río Jequetepeque 1980-2003. Tesis de Licenciatura en Geografía y Medio Ambiente, Facultad de Letras y Ciencias Humanas. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Jaramillo, D., 2002. Introducción a la Ciencia del suelo. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2015. Evaluación de las áreas bajo riego afectadas por salinidad y/o modicidad en Argentina.
- Maldonado, M., 2012. Tolerancia a la salinidad de especies dominantes en suelos salinos de maguey blanco, hidalgo. Facultad de estudios superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Marchese, A., 2015. Estudio físico y químico de suelos agrícolas para la estimación del nivel de salinización en el sector bajo de San Pedro de Lloc. Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Ministerio del Ambiente – MINAM, 2012. Glosario de términos para la gestión ambiental peruana, Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente – MINAM, 2012. Glosario de Términos para la Formulación de Proyectos Ambientales. Lima, Perú.
- Monllor, M., 2012. Análisis del comportamiento germinativo en especies halotolerantes. Licenciada en ciencias ambientales. Universidad politécnica de Valencia.
- Navarro, S., 2017. *Arthrocnemum macrostachyum* y su Microbioma como herramienta para la recuperación de Suelos degradados. Facultad de Farmacia, Departamento de Microbiología y Parasitología, Universidad de Sevilla.
- Paredes, J., 2015. Optimización de la Fitorremediación De Mercurio En Humedales de Flujo Continúo Empleando *Eichhornia crassipes* "Jacinto de Agua. Escuela de Posgrado. Maestría en Ciencias de Agroecología, Mención Gestión Ambiental, Universidad Nacional Agraria De La Selva.
- Pariona, R., 2012. Artículo científico *Salicornia fruticosa*. Especialista del área de Ciencia, Tecnología y Ambiente, Cañete.
- Porta, J; López, M., 2005. Agenda de campo de suelos. Información de suelos para la agricultura y medio ambiente. Mundi-Prensa, Madrid.
- Ramírez, J., 2011. Evaluación general de la salinidad y modelación de los riesgos de salinización en suelos del valle del cauca. Tesis de grado.
- Ramírez, P., 2016. “Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos de la cancha pública de golf - San Bartolo, Lima”. Facultad de Ingeniería Agrícola. Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú.
- Rodríguez, M., 2015. Aislamiento e Identificación Fisiológica de Bacterias Halófilas Nativas para Determinar su Potencial en la Recuperación de Suelos Salinos, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Colombia.
- Toll Vera, J.; Martín, G.; Fernández, M.; Nicosia, M.; Plasencia, A.; Olea, L.; González, A.; Agüero, S., 2016. Recuperación de suelos salinos mediante la implantación de Grama Rhodes (*Chloris gayana* Kunth.) cv. Callide, en la Llanura Deprimida del límite Tucumán-Santiago del Estero. Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina.
- USDA, 1991. Investigación de suelos (Primera edición). México: Editorial Trillas.



## IX. Anexos

### 9.1. Anexo N ° 1: Herramientas utilizadas en la investigación

Anexo 01 - GPS



Anexo 02 – Balanza



Anexo 03 – pH



Anexo 04 – Palana



Anexo 05 – Bolsa de plástico



Anexo 06 - Cinta métrica



Anexo 07 - Botellas de vidrio (obtención del agua)



Anexo 08 - Bolsas de siembra



Anexo 09 – Marcador



## 9.2. Informe de análisis físico - químicos hecho a nuestra muestra de suelos antes de la siembra



### UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO FACULTAD DE AGRONOMIA Oficina de Administración



#### ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELO

**SOLICITANTE :** PAOLA DEL PILAR TESEN ROJAS

**TESIS :** EFECTO FITORREMEDIADOR DE "SALICORNIA FRUTICOSA" PARA RECUPERAR SUELOS SALINOS EN EL SECTOR BALDERA – DISTRITO DE SAN JOSÉ, LAMBAYEQUE, 2018.

**PROCEDENCIA:** SECTOR BALDERA DISTRITO SAN JOSE, PROVINCIA CHICLAYO, REGION LAMBAYEQUE

**ASUNTO :** Análisis Físico Químico de SEIS (06) muestras de Suelo traída por el interesado al Laboratorio de Suelos.

Muestra Nº	C. E. mS/cm	pH	M. O. %	N %	P ppm	K ppm	Clase Textural
M-1 Zona Baja, Flora Aledaña, Grama Salada y Grama de Playa	41.50	7.8	0.86	0.056	2.6	1,200	Fr.Ao
M-2 Zona Baja, Flora Aledaña, Chope arena salada y salitrosa	31.90	7.6	1.03	0.049	3.9	916	Fr.Ao
M-3 Zona Media, Flora Aledaña, Grama de Playa	55.00	7.7	0.97	0.074	2.9	1009	Fr.Ar.Ao
M-3 Zona Baja, Flora Aledaña, pastizales y cultivo de arroz	49.80	7.9	1.30	0.069	3.6	610	Fr.Ar.Ao
M-5 Zona Baja, Flora Aledaña, cultivo de arroz	16.80	7.5	1.10	0.070	3.1	640	Fr.Ar.Ao
M-6 Zona Baja, Flora Aledaña, Grama Salada y Grama de Playa	30.20	7.8	1.08	0.086	2.6	320	Fr.Ar.Ao

Lambayeque, 04 de abril del 2018



**JEFATURA DE LABORATORIO DE SUELOS**



### 9.3. Informe de análisis físico - químicos realizados a nuestra muestra de suelos antes de la siembra



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**Oficina de Administración**



#### ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE SUELO

**SOLICITANTE** : PAOLA DEL PILAR TESEN ROJAS

**TESIS** : EFECTO FITORREMEDIADOR DE "SALICORNIA FRUTICOSA" PARA RECUPERAR SUELOS SALINOS EN EL SECTOR BALDERA – DISTRITO DE SAN JOSÉ, LAMBAYEQUE, 2018.

**PROCEDENCIA**: SECTOR BALDERA DISTRITO SAN JOSE, PROVINCIA CHICLAYO, REGION LAMBAYEQUE

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de SEIS (06) muestras de Suelo traída por el interesado al Laboratorio de Suelos.

Muestra N°	C. E. mS/cm	pH	M. O. %	N %	P ppm	K ppm	Clase Textural
M-1 Zona Baja, Flora Aledaña, Grama Salada y Grama de Playa	41.50	7.8	0.86	0.056	2.6	1,200	Fr.Ao
M-2 Zona Baja, Flora Aledaña, Chope arena salada y salitrosa	31.90	7.6	1.03	0.049	3.9	916	Fr.Ao
M-3 Zona Media, Flora Aledaña, Grama de Playa	55.00	7.7	0.97	0.074	2.9	1009	Fr.Ar.Ao
M-3 Zona Baja, Flora Aledaña, pastizales y cultivo de arroz	49.80	7.9	1.30	0.069	3.6	610	Fr.Ar.Ao
M-5 Zona Baja, Flora Aledaña, cultivo de arroz	16.80	7.5	1.10	0.070	3.1	640	Fr.Ar.Ao
M-6 Zona Baja, Flora Aledaña, Grama Salada y Grama de Playa	30.20	7.8	1.08	0.086	2.6	320	Fr.Ar.Ao

Lambayeque, 04 de abril del 2018



**JEFATURA DE LABORATORIO DE SUELOS**

**9.4. Informe de análisis físico - químicos realizados a nuestra muestra de suelos después de la siembra**



**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE AGRONOMIA**  
**Oficina de Administración**



**ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELO**

**SOLICITANTE** : PAOLA DEL PILAR TESEN ROJAS

**TESIS** : EFECTO FITORREMEDIADOR DE "SALICORNIA FRUTICOSA" PARA RECUPERAR SUELOS SALINOS EN EL SECTOR BALDERA – DISTRITO DE SAN JOSÉ, LAMBAYEQUE, 2018.

**PROCEDENCIA:** SECTOR BALDERA DISTRITO SAN JOSE, PROVINCIA CHICLAYO, REGION LAMBAYEQUE

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de SEIS (06) muestras de Suelo traída por el interesado al Laboratorio de Suelos.

Muestra Nº	C. E. mS/cm	pH	M. O. %	N %	P ppm	K ppm	Clase Textural
M-1 Zona Baja, Flora Aledaña, Grama Salada y Grama de Playa	27.80	8.53	1.02	0.062	2.9	906	Fr.Ao
M-2 Zona Baja, Flora Aledaña, Chope arena salada y salitrosa	11.08	8.46	185	0.090	3.1	942	Fr.Ao
M-3 Zona Media, Flora Aledaña, Grama de Playa	6.10	8.40	2.03	0.112	2.2	540	Fr.Ar.Ao
M-3 Zona Baja, Flora Aledaña, pastizales y cultivo de arroz	7.70	8.55	2.10	0.081	3.6	390	Fr.Ar.Ao
M-5 Zona Baja, Flora Aledaña, cultivo de arroz	3.58	8.17	1.16	0.042	4.2	520	Fr.Ar.Ao
M-6 Zona Baja, Flora Aledaña, Grama Salada y Grama de Playa	3.36	8.37	2.18	0.089	3.8	410	Fr.Ao

Lambayeque, 16 de septiembre del 2019

  
**JEFATURA DE LABORATORIO DE SUELOS**